

# 임베디드 기반의 모바일 LCD 모듈 검사장비 설계 및 구현

## A Design and Implementation of a Mobile Test Device Based-on Embedded System

김 홍 규\*, 이 기 화, 문 승 진  
(Hong-Kyu Kim, Ki-Wha Lee, and Seung-Jin Moon)

**Abstract :** In this paper, we proposed mobile LCD module test device on embedded based, when operating the existing LCD, divide flicker clearly in full frame, and configuration so as to support between other CPU interface, MDDI, SPI, 24Bit RGB interface, etc. that is based on a high-speed CPU. In addition, when demand to test about each pixel of LCD, it is possible to change IP design of H/W, FPGA, but proposed system is application possible without other design changing. Proposed system is made smaller and equipped with battery, so secure with mobility for effective test the LCD/OLED module and it is able to test the pattern by the client program, for example exiting picture, mpeg, simple pattern test and test per pixel, scale, rotation, Odd/Even pixel per video, etc. From now on, if integrating with independent test system and it is configured that is able to mutual communication and test, it is expected to reduce consumption of human resources and improve productivity for LCD module test.

**Keywords :** mobile LCD modules tester, LCD modules, tester device, multi LCD modules tester, auto tester

### I. 서론

현재의 모바일 TFT LCD 모듈과 관련된 Driver IC, LCD 패널, 후 공정 장비, 전 공정 장비, 화학 정비 등의 국내외 기술은 빠르게 변화되고 발전하고 있으나, 완성된 LCD 모듈에 대해서는 많은 연구가 되고 있지 않은 시점이다. 국내 LCD 모듈 검사장치 시장의 경우 연구 개발 된지 얼마 되지 않았으며, 제공되던 장비의 질 또한 미약한 부분이 많이 있다. 예를 들어 LCD 구동시 명멸현상(flicker, 明滅現象)을 명확하게 구분하기 위해서는 풀 프레임(full frame; 30fps) 이상의 동영상 데이터를 LCD모듈에 출력시켜 보고 구분할 수 있으나 기존의 저속의 시스템으로는 구현이 불가능하다. 또한 여러 가지 부가기능들을 동시에 확인 할 수 있어야 하는데 LCD모듈에서 사용하는 전압전류를 시스템구동 중에 정확히 측정해 상황에 따른 전압전류 소모율이나 정확한 색상표현을 위한 다수의 설정 값을 변이 시키는 일을 동시에 하기 위해서는 고속의 CPU가 필요하다. 현재 기존의 검사 장치는 저속의 CPU와 FPGA 시스템에서 필요한 몇 가지의 기능을 IP로 설계하여 사용하고 있기 때문에 시스템의 한계를 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 현재 장비의 성격 자체가 다수의 기능을 동시에 수행되어야 하며, 동영상과 같은 연산량이 많은 작업을 무리 없이 처리해야 하기 때문에 시스템의 성능 또한 고성능의 CPU를 사용해야 한다. 또한 픽셀 단위의 제어를 통해 LCD 각 화소별 검증이 요구 된다면 그에 능동적으로 대처해야 하나 H/W, FPGA의 IP설계를 변형해서 사용해야 하는데 기존의 장비에 대한 지원으로는 불가능하게 되므로 임베디드 운영체제를 사용하고 기존의 테스트 절차를 프로그램화 시켜 사용하게 해야 하는 일이 불가피하다.

이에 본 논문에서는 임베디드 기반에서 여러 TFT LCD모

듈을 H/W나 FPGA를 설계 변경 없이 검사 장치를 휴대하여 검사할 수 있는 멀티 TFTLCD 모듈 검사장치를 제안한다.

임베디드 기반의 멀티 TFT LCD 모듈 검사장치는 LCD/OLED 모듈을 효율적으로 테스트 하거나 리튬이온 배터리를 장착하여 외부 데모용으로 적합하도록 구현하였다. 따라서 제안한 모바일 LCD 모듈 검사장비는 크게 두 가지로 구성하였다. 첫째, 하드웨어 구성으로는 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 LCD의 전력 소비를 측정할 수 있다. 둘째, 소프트웨어 구성으로는 기존의 정지영상, 동영상, 간단한 패턴검사 외에 픽셀 단위의 검사, 스케일, 로테이션, Odd/Even 픽셀 영상등의 패턴을 검사 할 수 있는 응용프로그램을 구현하여 기존의 PC와 인터페이스를 통해서만 제어가 가능하던 방식을 탈피하여 PC없이 검사가 가능하다. 즉, 고성능, 저전력 인텔사의 벌버디 32bit CPU를 사용하여 이미지 데이터나 동영상 데이터를 고속으로 처리 하고, 외부 확장 메모리 슬롯인 SD 인터페이스를 통해 대용량 동영상 파일 재생도 가능하며, CPLD 칩을 장착하여 인터페이스 보드 제작을 간단하게 할 수 있고, 테스트 어플리케이션으로 레지스터와 LCD 모듈 구동 환경을 제어함으로써 보다 편리하게 테스트 할 수 있다. 구현된 응용프로그램에서 여러 종류의 모바일 LCD 모듈을 테스트 하기 위한 다양한 인터페이스를 지원할 수 있도록 구성하였고, 이미지와 동영상의 업로드, 다운로드가 가능하다. 또한 구현된 LCD 모듈 검사장치는 정지영상(GIF, JPEG, BMP format), 동영상(MPEG1,2,4 format)를 지원하고 동영상은 QVGA 기준 풀 프레임(30fps)를 지원하도록 설계하였다.

논문의 구성은 2장에서 모바일 드라이버 명령 설정을 알아보고, 3장에서 제안한 검사장치의 설계 및 구현을 확인한 후 4장에서 구현된 시스템의 실험 및 결과를 정리 하여 5장에서 결론과 함께 향후 연구 방향을 제시 하였다.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 1. 31., 채택확정 : 2008. 2. 24.

김홍규, 문승진 : 수원대학교 컴퓨터학과

(becniis@suwon.ac.kr/sjmoon@suwon.ac.kr)

이기화 : ㈜하이버스(noline@hybus.net)

II. 명령설정(Instruction setting)

모바일 드라이버(mobile driver) IC는 보통 명령설정을 통해 작동된다. 모바일 드라이버 IC의 초기화, 전압 설정, 인터페이스 설정, 감마(gamma) 설정, 윈도우 사이즈 결정 등 드라이버 IC가 필요로 하는 모든 정보들은 명령어를 통해 설정한다. 명령의 전체 흐름은 그림 1과 같이 전원 공급 후, 모든 레지스터를 리셋한다. 리셋 후 약 초 딜레이(delay) 후, 명령을 초기화한다. 명령이 초기화되면 드라이버 IC가 동작할 수 있는 환경이 되고 이후의 레지스터 설정 값에 따라서 전원 온 순차 정보는 드라이버 IC에서 나오는 여러가지 전압 신호들을 파워 소모가 많지 않게 차례로 설정하고, 이후로 RAM과 감마, 윈도우 크기 등과 같은 레지스터를 세부적으로 설정해준다.

1. Instruction data format

명령설정(instruction setting)시 인터페이스의 bit수에 명령데이터 형식이 다음과 같이 달라진다. 이때 데이터는 명령 데이터이다.

- a) 18-bit interface : data 중 DB9와 DB0을 뺀 나머지 16-bit를 병렬로 전송
- b) 16-bit interface : data를 그대로 병렬로 전송
- c) 9-bit interface : data를 8-bit씩 두 번으로 나눠서 전송

그림 2는 명령설정의 예로 하나의 레지스터는 16-bit로 이루어져 있고 각각의 bit는 특정한 기능을 하는 단위 명령을 구성하는데 사용된다. 이 경우 한 레지스터에 TRI, DFM, BGR, HWM, I/D, AM, OSD, ODF 기능이 부여되어 있다. 이때, I/D는  $2^2 = 4$ 로 (00), (01), (10), (11) 총 4가지로 설정할 수 있고 나머지 TRI, DFM, BGR, HWM, AM, OSD, ODF는 0 또는 1로 설정할 수 있다. 레지스터에 값을 부여할 때는 앞에서부터 (IB15) 4개씩 끊어서 2진수 4자리로 표현하며 이것을 16진수로 바꿔서 값을 부여하게 된다. 따라서 그림 2와 같이 16진수 C23B로 표현 하려면 TRI=1, DFM=1, BGR=0, HWM=0, I/D=11, AM=1, OSD=1, DMF=1이다.

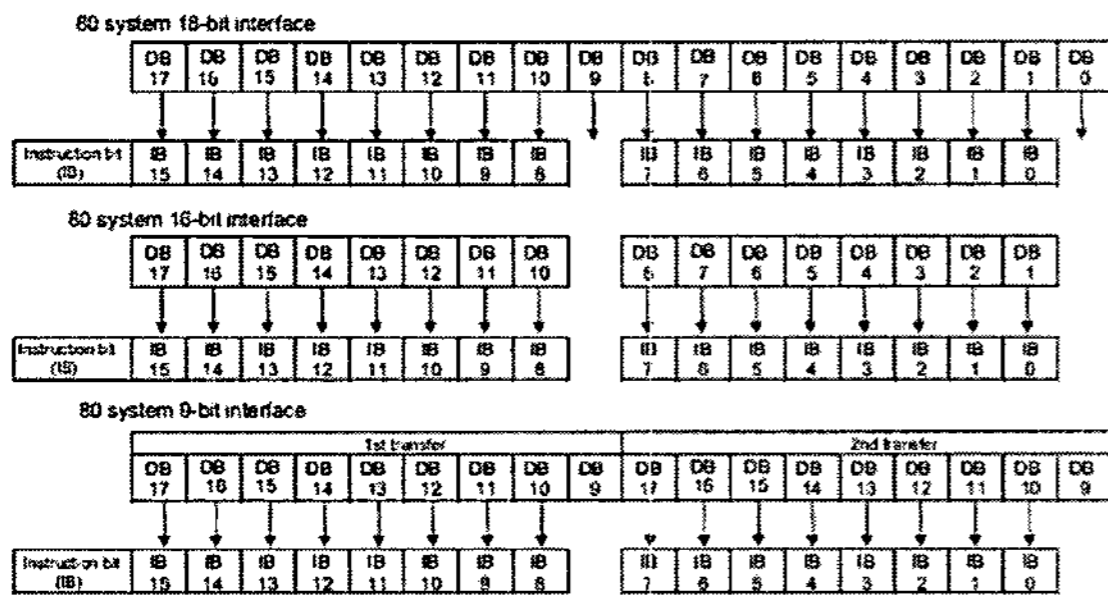


그림 1. 80시스템의 명령 데이터 포맷 인터페이스.  
Fig. 1. 80-system interface instruction data format.

R/W	RS	IB15	IB14	IB13	IB12	IB11	IB10	IB9	IB8	B7	IB6	IB5	IB4	IB3	IB2	IB1	IB0
W	1	TRI	DFM	0	BGR	0	0	HWM	0	0	0	I/D	I/D	AM	0	OSD	ODF
-	-	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
		8+4+0+0				0+0+2+0				0+0+2+1				8+0+2+1			
		C				2				3				B			

그림 2. 명령 설정의 예.  
Fig. 2. Instruction setting example.

2. Scan method

스캔방법(scan method)은 소스와 게이트 출력과 스캔방향 설정으로 구분되며 소스 출력 쉬프트(shift)의 방향설정은 소스방향 레지스터인 SS를 설정하며 SS가 0일 때는 출력이 소스 1번에서 소스 528번 방향으로 설정되며 SS가 1일 경우 출력이 소스 528번에서 1번으로 방향이 설정된다. 게이트도 방향 레지스터인 GA를 0 또는 1로 설정하여 게이트 1번에서 게이트 320번 또는 게이트320에서 1번 방향을 설정한다.

스캔방향은 모바일 드라이버 IC의 RAM에 저장된 데이터를 그림 3과 같이 스캔방향에 따라 여러 방향으로 그래프를 표현할 수 있다. 이때, 스캔과 관련된 명령은 I/D와 AM이 있다.

3. Gamma 설정

그림 4는 모바일 드라이버 IC에서 감마(gamma)를 설정하는 방법이다. 모바일 감마 회로는 설정할 수 있는 명령과 넓이(amplitude)를 설정할 수 있는 명령, 정밀하게 조절할 수 있는 명령으로 크게 세가지 명령으로 구성된다. 본 논문에서 구현된 응용프로그램에서는 다음과 같은 방법으로 감마를 설정한다.

- a) VRHP(N), VRLP(N) 명령으로 기울기를 조절.
- b) Amplitude를 맞추기 위해 VRP0(N), VRP1(N)을 조절.
- c) Fine tuning을 위해 VINP(N)1~VINP(N)6까지 6개의 명령을 조절하여 TFT-LCD 패널에 맞게 원하는 감마 커브(curve)를 만든다.

S/G pin	S1	S2	S3	S4	S5	S6	---	S523	S524	S525	S526	S527	S528
GA=0	GA=1	PD17-0	PD17-0	---	---	---	---	PD17-0	PD17-0	---	---	---	---
G1	G320	h000AF	h000AE	---	---	---	---	h00001	h00000	---	---	---	---
G2	G319	h001AF	h001AE	---	---	---	---	h00101	h00100	---	---	---	---
G3	G318	h002AF	h002AE	---	---	---	---	h00201	h00200	---	---	---	---
G319	G2	h13EAF	h13EAE	---	---	---	---	h13E01	h13E00	---	---	---	---
G320	G1	h13FAF	h13FAE	---	---	---	---	h13F01	h13F00	---	---	---	---

Gate address Source address

그림 3. 소스와 게이트 출력 셋팅.  
Fig. 3. Source and gate output setting.

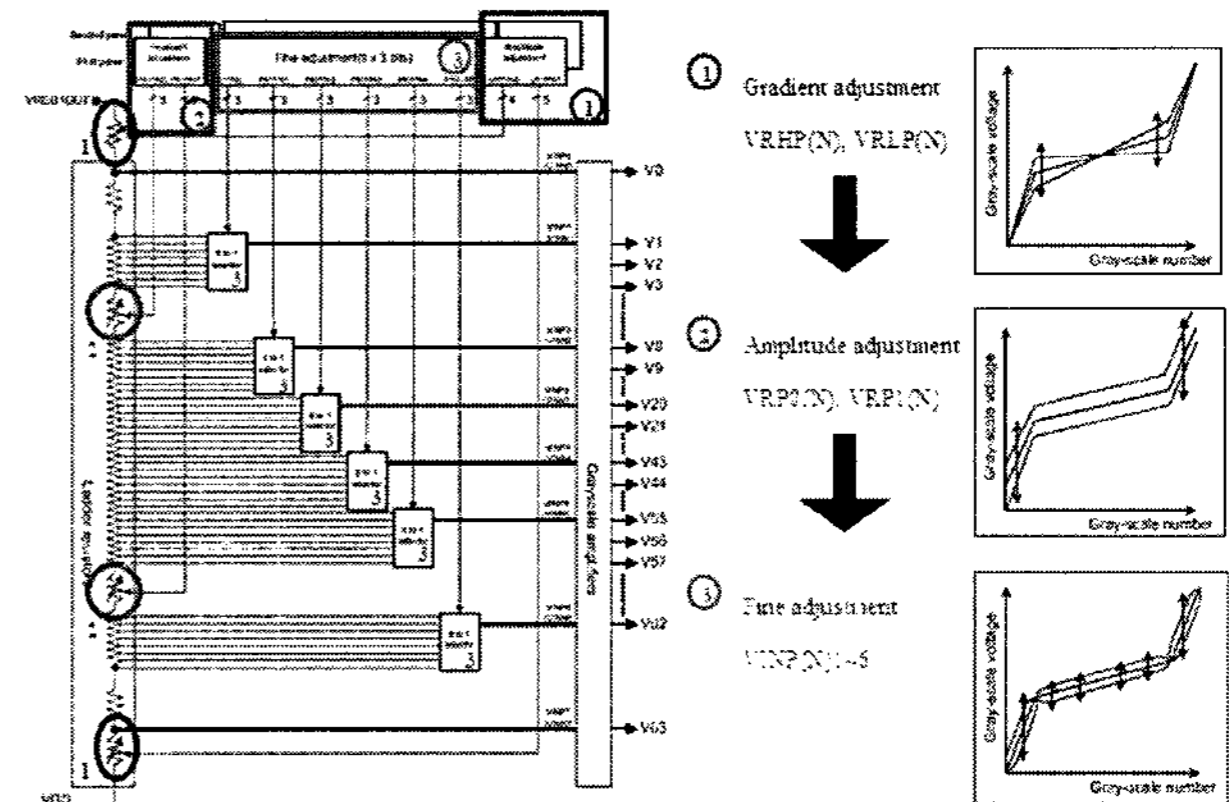


그림 4. 감마 방향 설정.  
Fig. 4. Gamma direction setting.

III. 모듈 검사장치 설계 및 구현

앞서 설명한 기존 LCD 모듈 검사장치의 단점을 보완하기 위해 하드웨어와 소프트웨어를 새롭게 구성하였다. 설계 및 구현된 전체 시스템 구성은 그림 5와 같이 명멸현상을 파악하기 위한 풀 프레임 동영상을 구동시킬 수 있도록 고 성능의 임베디드 CPU(PXA 270;520Mhz)를 사용하고 여러 부가 기능을 사용하기 위해 Key pad, Audio Codec, Memory Interface (SDRAM, NOR Flash)와 메모리 확장을 위한 SD/MMC 카드 슬롯을 장치 하였다. 또한, 간단한 인터페이스 보드 구성으로 최대 7인치까지 LCD 모듈을 검사 할 수 있도록 LCD 확장 포트가 지원된다. 하드웨어의 제어 및 LCD 모듈 검사를 쉽게 하기 위해 별도의 어플리케이션으로 그래픽 데이터의 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, 이동성이 보장되는 하드웨어 크기 구성과 배터리 지원한다. 단, 윈도우 어플리케이션을 위한 Driver 및 S/W는 Windows 2000, Windows XP기반으로 개발되고 테스트 되어 그 외의 운영체제에서는 문제가 발생할 여지가 있다.

1. 모듈 검사장치의 하드웨어

본 논문에서 제안한 LCD 모듈 검사장치는 인텔(I80 Interface) 및 모토로라(M68 Interface)의 CPU 인터페이스 및 RGB 24bit 인터페이스, SPI, I2C를 포함하며 MDDI 인터페이스 지원과 동시에 가변적인 전압공급 과 모바일 TFT LCD의 전력 소비를 측정할 수 있도록 그림 6과 같이 구성하였다.

제안된 시스템은 보드를 장비에 케이블로 연결하여 테스트할 수 있고, 타겟 보드 자체를 장비에 부착하여 사용하여 소형화하고 휴대가 가능하여 이동성이 확보되고, 전류 전압 측정기능 등의 기술적인 요소를 강화되었다. 그림 6의 구성은 하드웨어 인터페이스의 다양화와 유연한 타이밍(timing)과 MDDI를 지원하지 못하므로 그림 7과 8을 추가로 연결하여 타이밍 제어와 MDDI를 제어할 수 있는 Host 등을 위한 IP를 설계하였다. 이러한 구성에서 필요로 하는 드라이버 스택(driver stack)은 소프트웨어에서 지원하도록 하였다. 그림 7에서와 같이 전체적으로 SDRAM 제어를 담당하는 블록(block)과 RGB, CPU Block,을 담당하는 블록, MDDI Core를 담당하는 블록으로 설계가 되어 있다. FPGA 레지스터는 SPI를

이용하여 EEPROM에 저장되며, RGB 타이밍을 유연(10KHz)하게 조정하기 위해 RGB 인터페이스를 FPGA에 구현하였다. 이러한 RGB 모듈은 MDDI Block의 데이터 소스로 사용된다.

SPI 블록(block)은 FPGA 레지스터를 저장하고 설정하기 위한 블록이며 최종적으로 출력이 되는 신호들을 정의 한다.

그림 6의 파워 블록에서 전압 전류 측정이 가능하고 가변 전압 전류를 공급하고, 동시에 파워 노이즈를 설계 전부터 몇 가지 테스트를 통해 검증된 회로로 구성하였다.

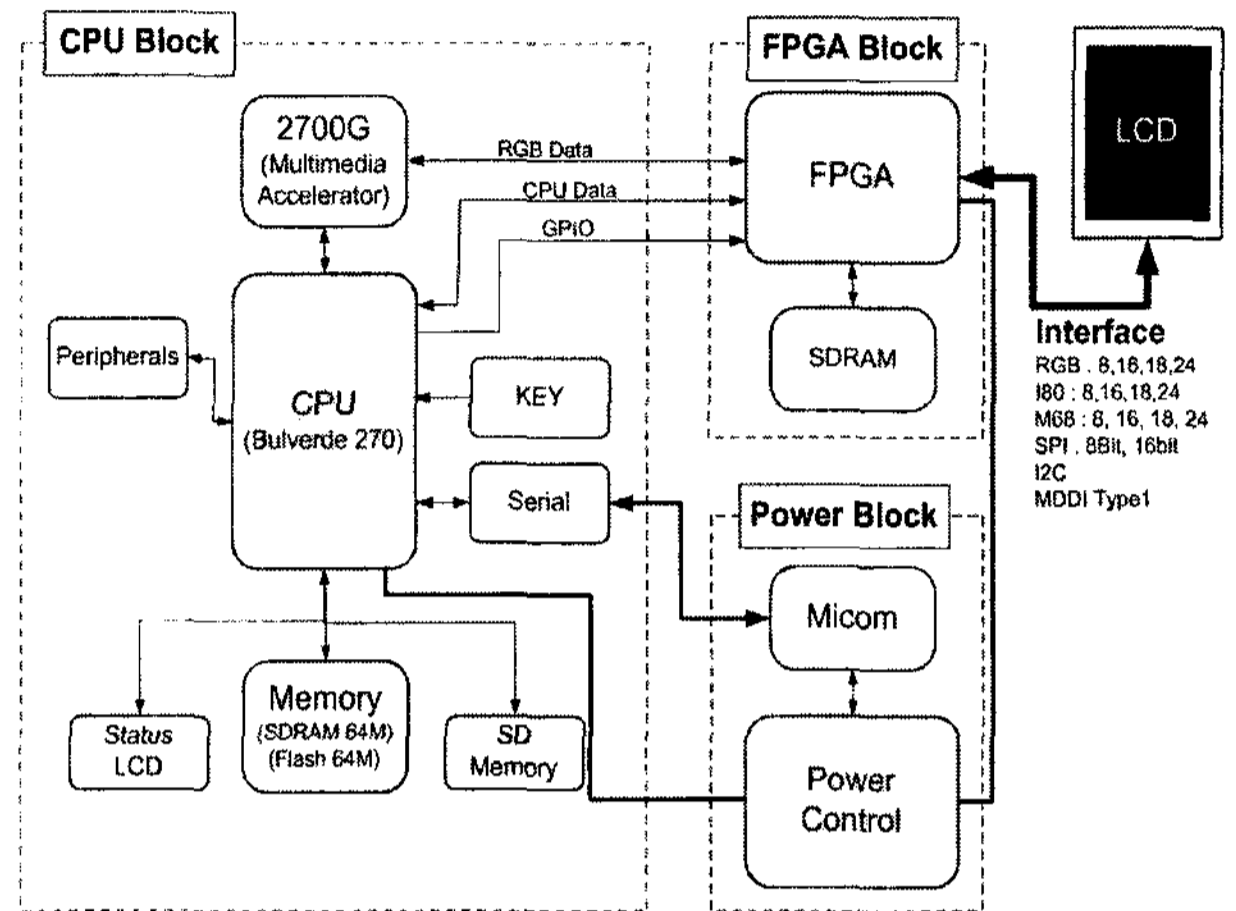


그림 6. LCD 모듈 검사장치의 구성도.

Fig. 6. LCD module H/W design of the test device.

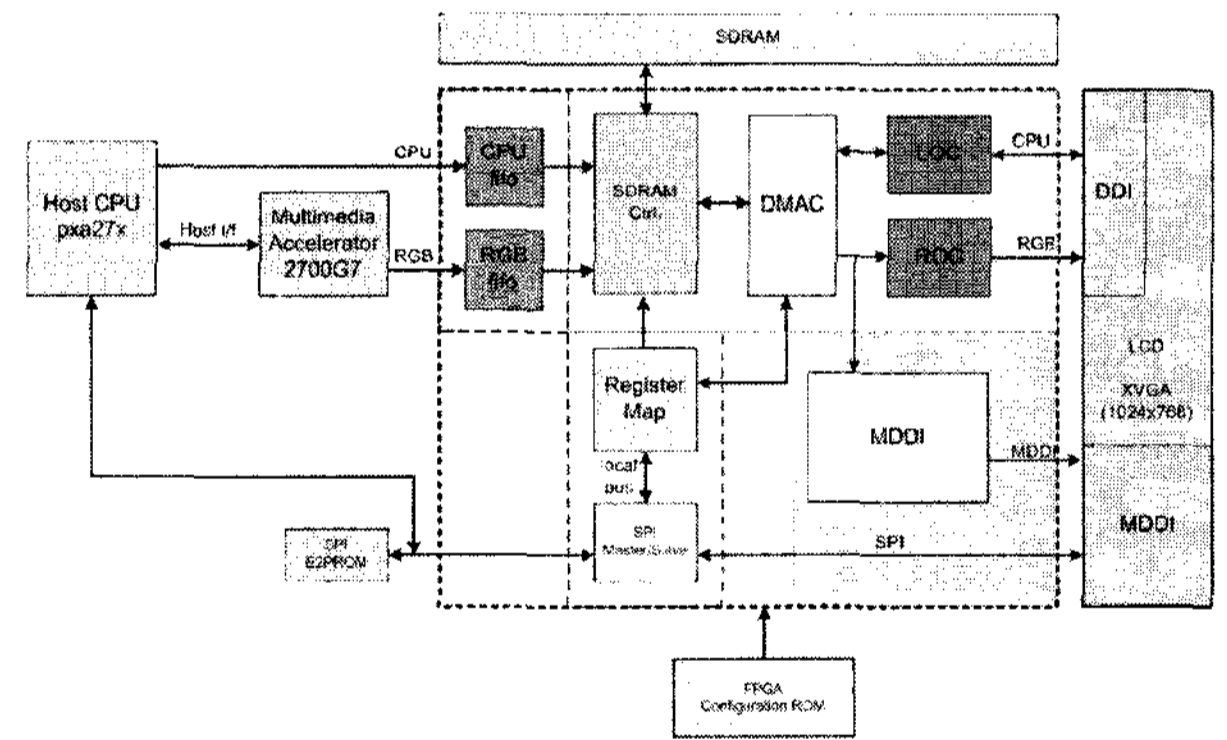


그림 7. FPGA 블록 코어 블록 구성도.

Fig. 7. FPGA block core block diagram.

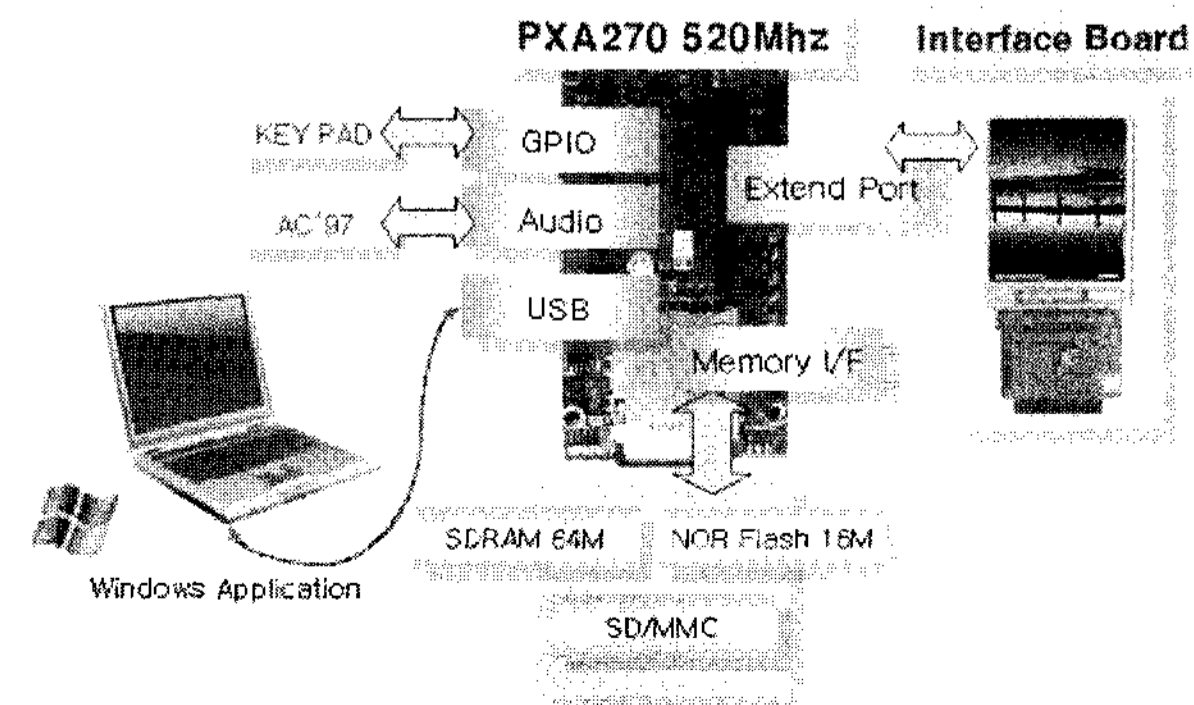


그림 5. 개발 시스템의 전체 구성도.

Fig. 5. Design of implementation system for the figure.

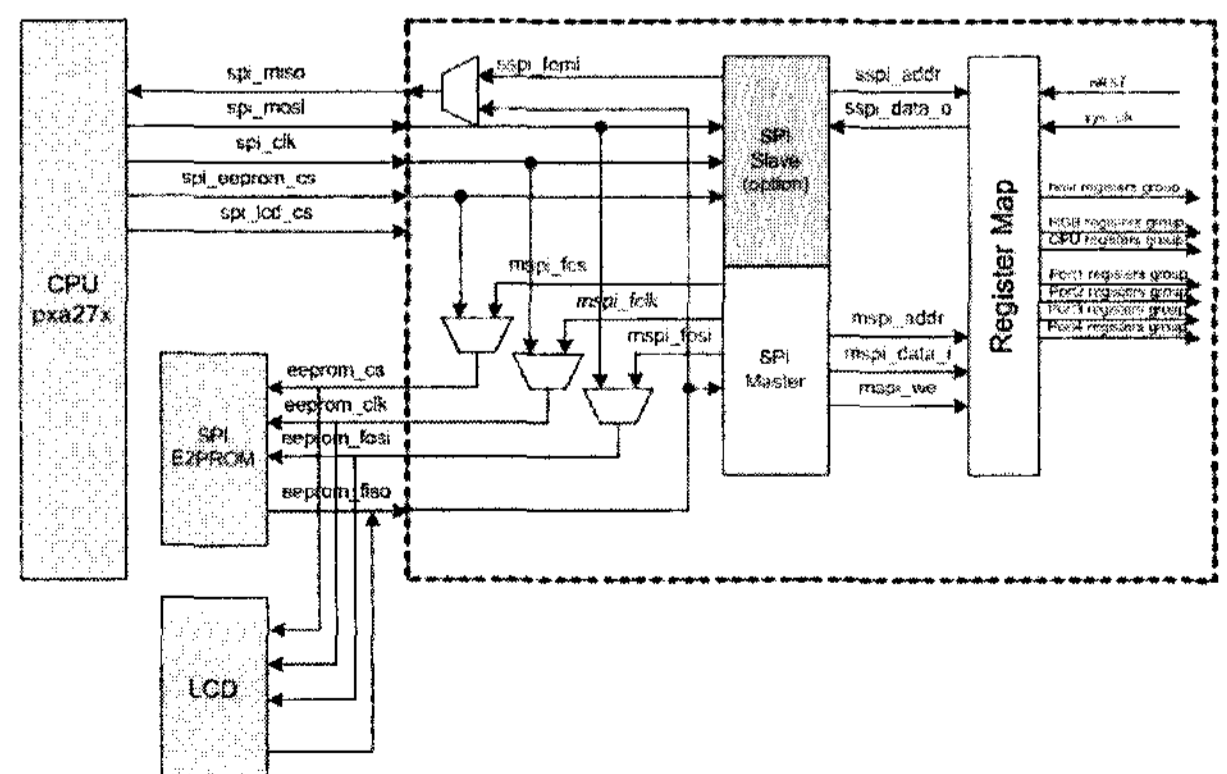


그림 8. SPI 모듈 블록 구성도.

Fig. 8. SPI module block diagram.

모듈 검사장치의 경우 여러 동영상 파일을 재생시켜야 하는데, 본 논문에서 구현된 검사장치는 국제표준인 Mpeg 디코딩을 위주로 설계하였고, H/W 디코더를 사용하여 Mpeg의 세부적인 디코딩 알고리즘을 다루지 않고 프레임을 읽어 디코더기에 입력하고 디코딩된 출력을 받아 LCD에 출력하는 방식이다.

H/W 디코딩의 경우 속도가 매우 빠르며, Mpeg 알고리즘을 디코딩 블록이 처리 해준다. 또한 제안한 H/W 디코더는 제안된 시스템에서 사용된 Bulverde 270과 함께 사용되는 2700G7 멀티미디어 엑셀레이터(multimedia accelerator)를 사용하여 WVGA(800\*480\*24)급의 Mpeg 동영상을 무리 없이 디코딩 할 수 있도록 설계하였다.

2. 클라이언트 프로그램

구현된 클라이언트 프로그램은 그림 9의 하드웨어 모듈에서 동작하는 리눅스 시스템 소프트웨어와, 그림 10의 윈도우 어플리케이션으로 구분된다.

본 논문에서 제안한 LCD 모듈은 이동성 보장을 위해 리눅스 커널과 검사 시스템 소프트웨어를 설계하여 포팅하였다. 리눅스 시스템 소프트웨어는 리눅스 커널에서 제공하는 LCD 초기화(initialize)와 RGB 데이터를 이용하여 패턴 최적화(pattern generation), 이미지 테스트(image test), 동영상 테스트(movie test), 레지스터 초기화(register initialize)등을 수행하

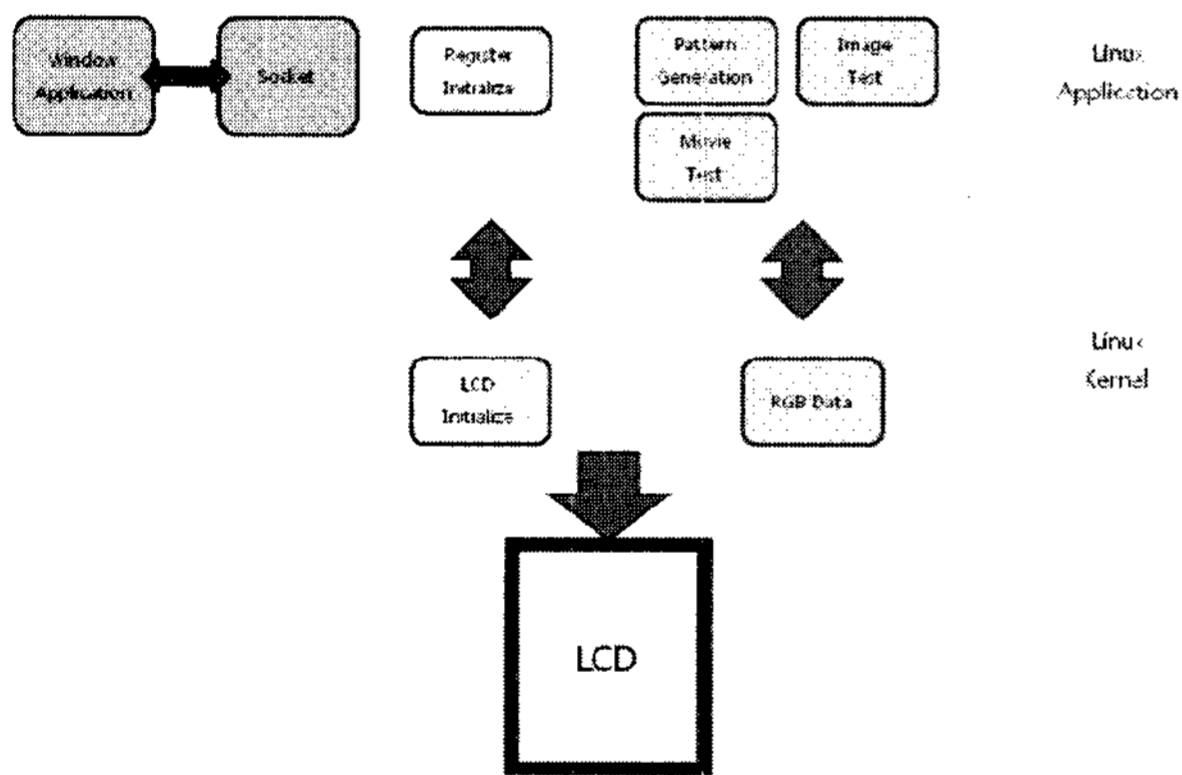


그림 9. LCD 모듈 응용 프로그램.  
Fig. 9. Embedded linux-based applications.

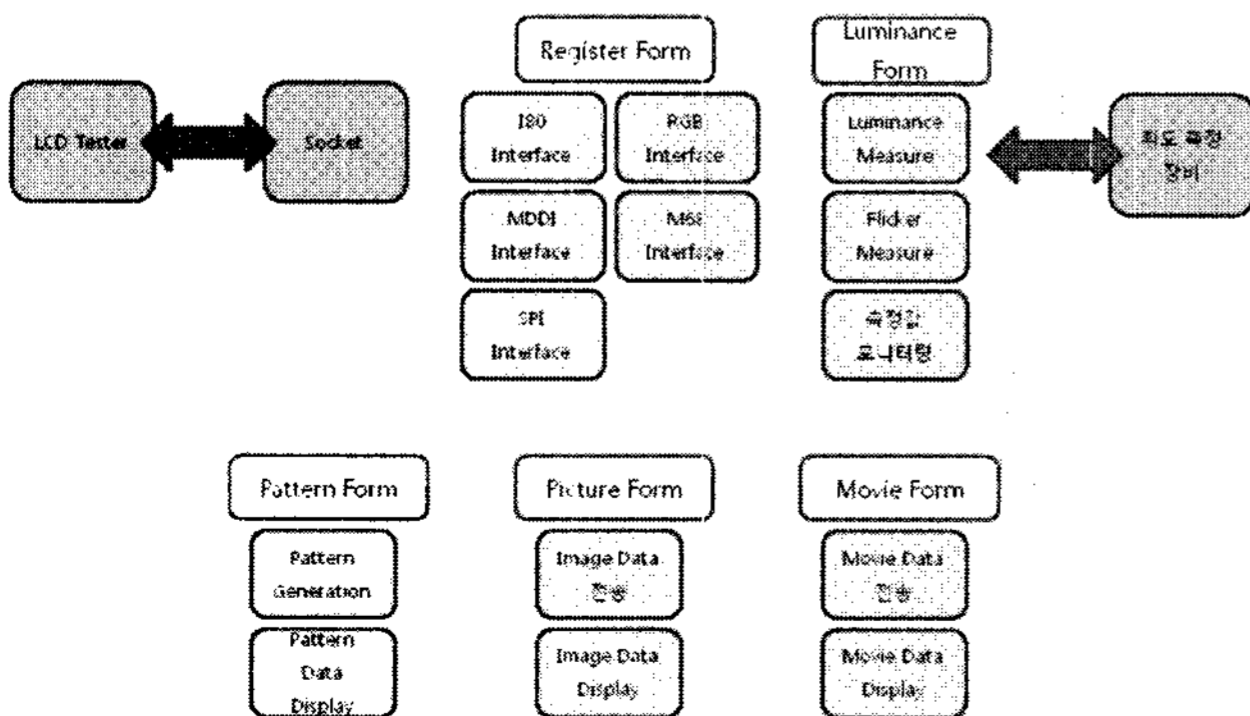


그림 10. 클라이언트 응용 프로그램.  
Fig. 10. Windows-based client application.

며, 각종 설정 정보는 윈도우 응용프로그램과 소켓으로 통신하여 LCD 모듈의 특성 및 검사 정보등을 공유한다.

윈도우 어플리케이션은 레지스터 폼에서 각종 인터페이스 정보와 휘도, 명도, 패턴, 이미지, 동영상 등의 테스트 설정 값을 USB를 통하여 LCD 모듈 검사장비로 송/수신한다. 구현된 클라이언트 프로그램은 LCD 모듈 검사 현장에서 필요로 하는 검사 정보를 충분히 반영하여 이미지 테스트에서 LED 백라이트(backlight) 성능측정까지 가능하도록 구성하였다.

IV. 실험 및 결과

III절에서 제안한 클라이언트 소프트웨어인 그림 11과 LCD 모듈인 그림 12의 성능을 평가 하기 하여 구현된 시스템을 검증하고자 한다. 검증 방법은 제작한 LCD 모듈 검사 장비에 클라이언트 설정 값을 업로드 하여 영상처리와 하드웨어의 성능을 테스트 하였다. LCD의 인치별 성능평가는 비교 분석의 자료가 동등함에 따라 본 논문에서는 1.9인치 LCD 모듈을 사용하여 성능 평가를 시행하였다.

본 논문에서 제안한 LCD 모듈 검사장비의 성능을 평가하기 위해서 많은 평가 항목들이 존재 하지만, 표 1과 같이 제안된 시스템의 중요 항목만 측정하였다.

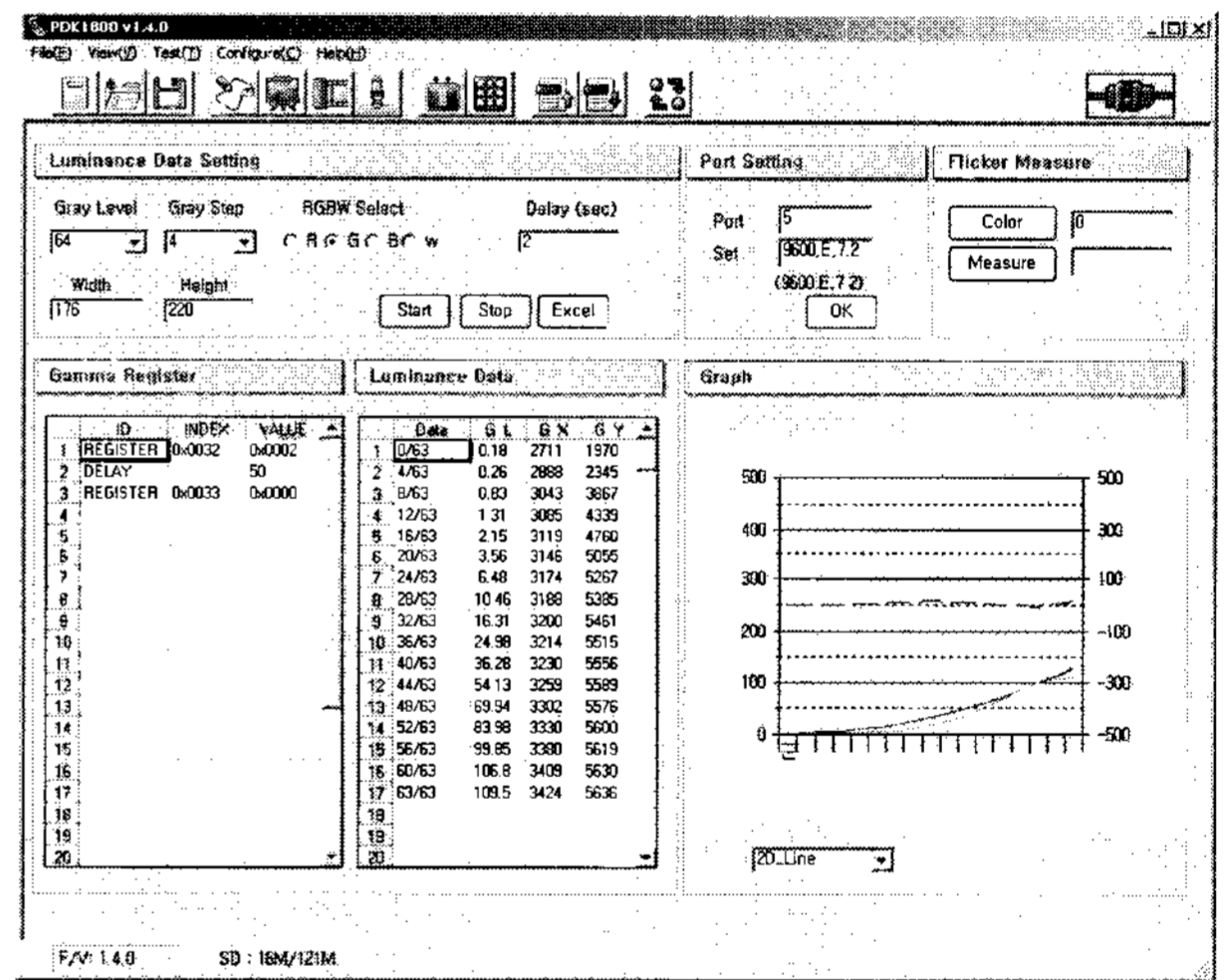


그림 11. 클라이언트 프로그램.  
Fig. 11. Client test program.

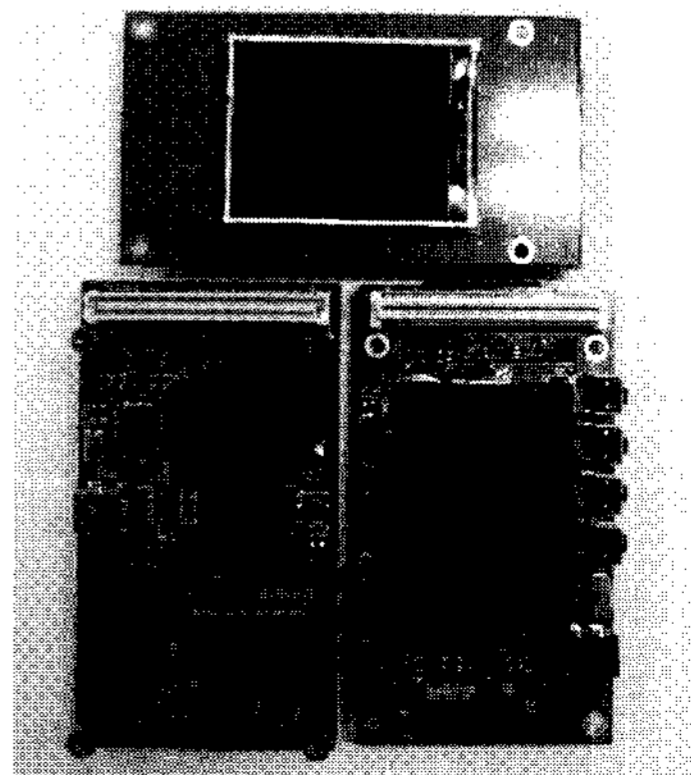


그림 12. LCD 모듈 검사장치.  
Fig. 12. LCD module tester.

표 1. 9항 자체 검사 항목.

Table 1. 9self-examination items.

평가항목	설명
I80 Interface 24Bit	인터페이스 지원여부
M68 Interface 24Bit	
RGB Interface 24Bit	
MDDI Clock Speed	
Frame rate	
Luminance	휘도 측정
CS(Chip Select) Timing	CS Timing 설정 측정 값
Scan Direction	스캔방향 테스트
Non-display	Non-display 테스트

표 2. 인터페이스 타입별 테스트 결과.

Table 2. Interface type test.

Interface Type	Module Type	동영상 재생 속도	해상도
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	QVGA

제안된 시스템은 인텔 또는 모토로라의 CPU의 멀티 플랫폼 환경을 지원하고, MDDI를 사용할 수 있는 인터페이스가 설정되어야 한다. 따라서 제안된 LCD 모듈 검사장비의 하드웨어가 각종 CPU 인터페이스가 되어야 하며, 풀 프레임 동영상이 24bit에서 무리 없이 재생되는 성능평가는 표 2와 같다.

표 2는 인터페이스 타입과 모듈별 동영상 재생속도 및 지원 해상도를 나타낸 표이다. 24bit 모든 타입에서는 동영상 재생 속도가 풀 프레임으로 재생되며 지원 해상도 또한 QVGA를 표시할 수 있다.

LCD 모듈의 휘도 및 flicker를 측정하기 위해 외부 장치인 휘도계를 연동하여 쉽게 측정 할 수 있도록 RGBW Gray 패턴을 내장하여 패턴 최적화 기능을 구현하였으며 flicker 측정시 사용자가 쉽게 원하는 패턴을 만들 수 있도록 구성하였다. 그림 13은 측정된 값을 실시간으로 표와 그래프로 출력하여 측정 후 표준 감마와 비교 그래프를 표시하였다. 그림 13은 클라이언트 프로그램에서 그레이 레벨(gray level)을 64, 그레이 스텝(gray step)을 4, RGB 데이터는 녹색(green)을 선택하여 측정하였고, 휘도 및 감마 레지스터의 값을 감마에 맞게 계산하여 표시되며 감마 레지스터의 값은 구현된 검사모듈 하드웨어로 전송되어 LCD에 적용된다. 표현된 그래프는 측정이 되는 동안 선택한 그린 패턴 컬러로 출력되며 측정이 끝난 후 자주색으로 표준 감마가 표시(좌측 Y축)되며 청색 점선으로 표준 감마에 대한 측정값의 편차(우측 Y축)를 나타낸다.

CS 타이밍 설정 성능 평가는 15등급으로 구분하여 PWLW,

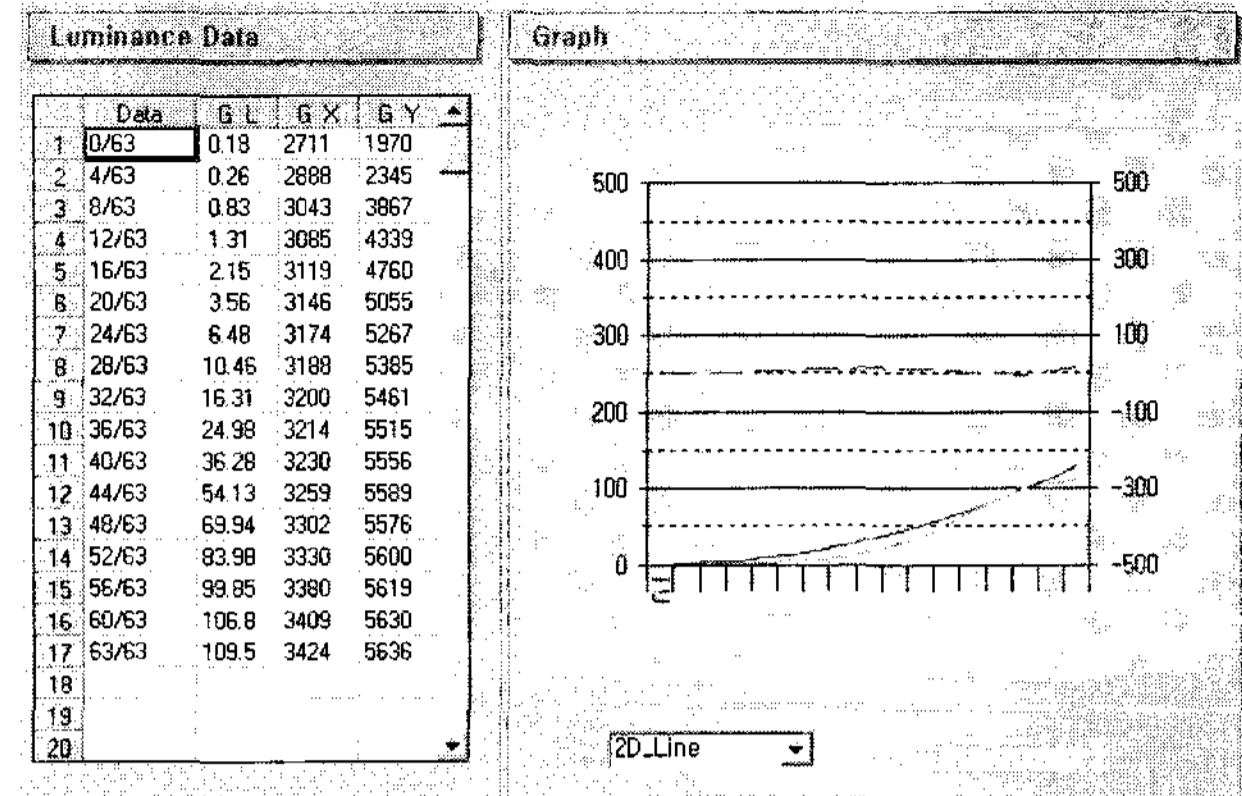


그림 13. 휘도 값과 오토감마 알고리즘을 적용한 그래프.

Fig. 13. Luminance and auto gamma applying algorithms to graph.

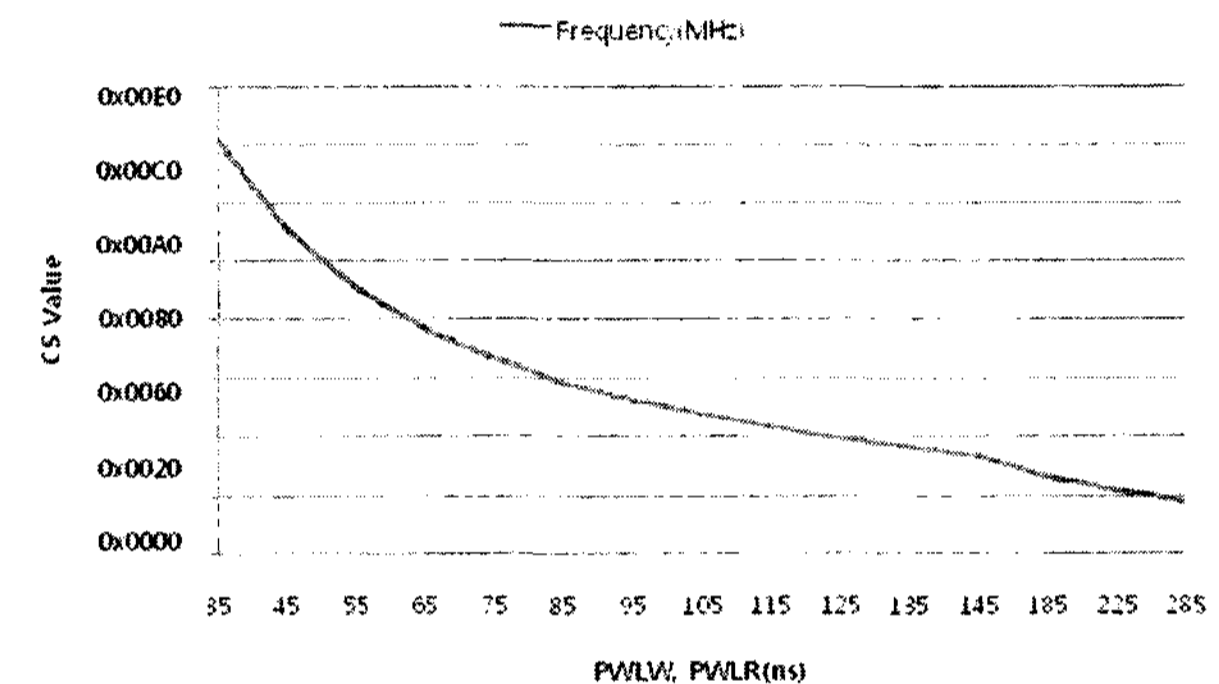


그림 14. 최적 CS 타이밍 그래프.

Fig. 14. CS optimal timing graph.

PWLR(ns)과 주파수(frequency;MHz)를 비교한 최적 CS 타이밍을 그림 14와 같이 도출하였다. CS 타이밍의 경우 너무 빠르게 설정 했을 경우 레지스터 초기화가 안되거나 시스템이 멈추는 현상이 발생 할 수 있다. 이는 CPU의 구간별 CS를 High→Low→High로 변환하는데 Low 구간에 칩(chip)이 활성화 되어 데이터가 들어가고 High 구간에서는 데이터가 들어 가도 Chip가 활성화 안되어 인식이 안된다. 따라서 CS 타이밍을 작게 할 경우 데이터를 빨리 써야 하기 때문에 사용되는 LCD의 동작속도는 빠르지만, 데이터가 삽입 될 수 없는 단점이 있으며, 이는 그림이 깨지거나 밀리는 현상을 초래할 수 있다. 그림 14에 따른 CS 타이밍의 최적 구간은 0x0050으로 확인 할 수 있다.

스캔방향(scan direction)을 원하는 대로 설정하기 위해서는 CPU 인터페이스와, 드라이버 IC를 설정하여 LCD 패널을 작동시키는 가장 기본적인 레지스터를 설정한다. 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 선택 하였다. 즉, 게이트(gate)가 0, 1, 2, 3, 4, ... 220의 순으로 내려오는 방식이다. 그림 15(a)는 SS 레지스터의 1번 값을 0x0100에서 0x0000으로 변경하여 소스(source)의 출력(output)이 기존 S528에서 S1로 진행되던 것이 S1에서 S528로 진행 되는 것을 확인할 수 있다. 그림 15(b)의 경우 SM 레지스터의 값을 0(0x0100)에서 1(0x0500)로 변경할 경우 화면이 깨지는 현상

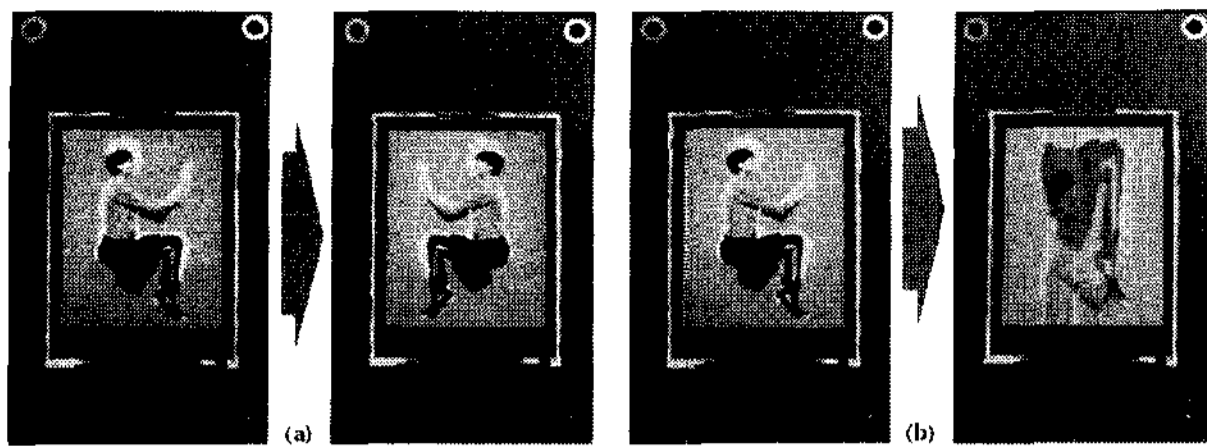


그림 15. SS, SM 레지스터 설정.  
Fig. 15. SS register and SM register setting.

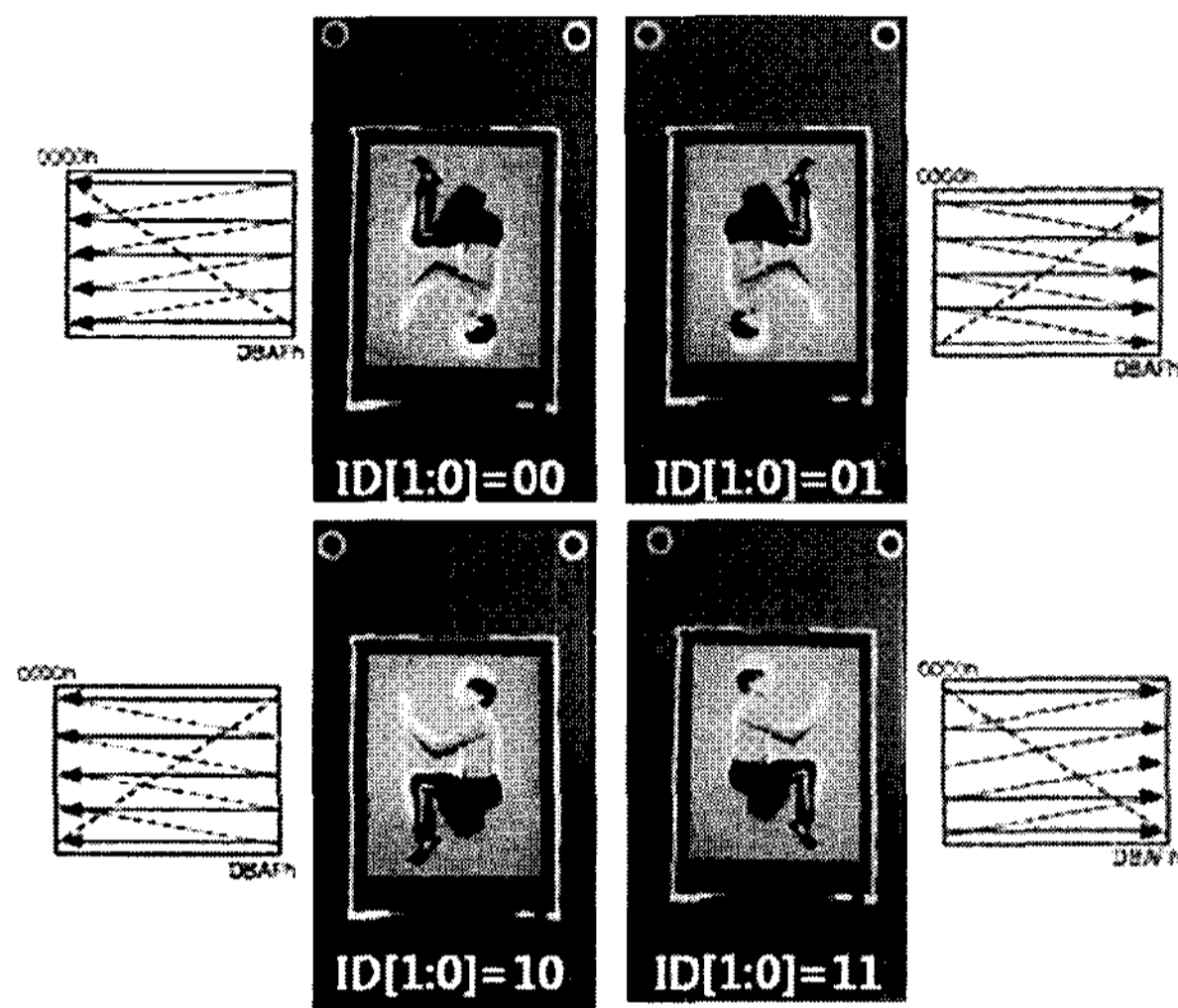


그림 16. I/D 레지스터 설정.  
Fig. 16. I/D register setting.

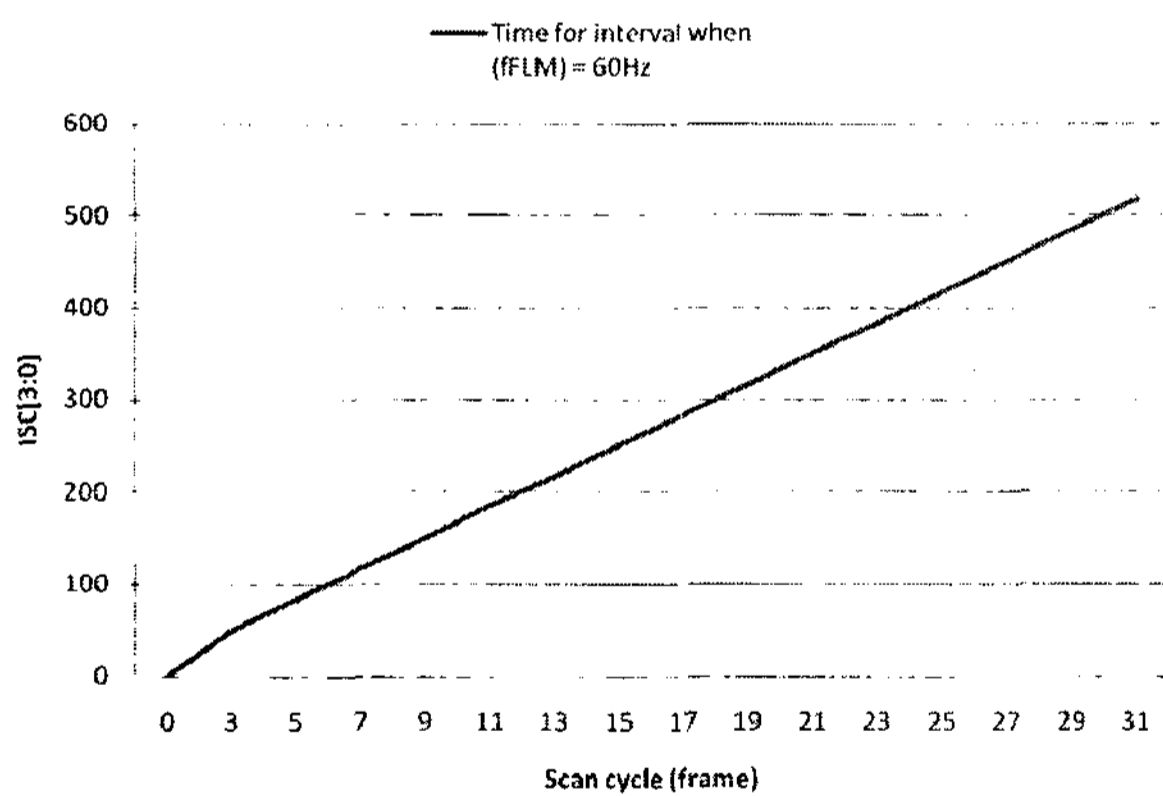


그림 17. I/D 레지스터 설정.  
Fig. 17. I/D register setting.

을 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 따라서 적절한 구동 방식으로 선택한다.

이미지 회전은 R03 레지스터를 조작하여 적용할 수 있고 R03은 AM, I/D, HWM, BGR, DFM, TRI 명령으로 구성되며, 이미지의 가로, 세로는 AM, 위 아래는 I/D가 담당한다. AM은 가로(horizontal) 또는 세로(vertical) 방향에 관계된 명령이며, AM 0이면 스캔방향이 좌우 가로 방향이고, 1일 때는 위아래 세로 방향이 된다. I/D는 AM과 함께 사용되는 명령으로 AM

과 I/D의 값에 따라 총 8가지의 스캔방향을 설정할 수 있다. 그림 16은 AM과 I/D를 이용하여 이미지 스캔방향을 평가한 그림이다.

LCD 패널의 사용되지 않은 디스플레이(non-display) 영역은 전면포치(front porch)와 후면포치(back porch)가 있다. 사용하지 않는 디스플레이 영역은 R09 레지스터가 ISC, PTG, PTS 명령들로 이루어져 있으며 ISC는 스캔간격(interval scan)을 선택할 때 스캔주기(cycle)를 결정하는 명령이다. 그림 17은 ISC 명령에 따른 스캔주기를 0~31 프레임까지 정할 경우 60Hz에서 시간 간격에 대한 주기 그래프를 확인 할 수 있었다.

앞서 제안한 9가지의 성능평가를 모두 충족하는 것을 확인 할 수 있었다. 이 기종의 CPU인터페이스 지원은 24bit 동작에서 풀 프레임 지원과 이미지 재생이 정상동작 하며, 이미지의 스캔방향 평가와 LCD의 휘도측정 결과물을 얻을 수 있었다.

### V. 결론

본 논문에서는 기존의 LCD 모듈 검사장비와는 다르게 이 기종의 CPU 플랫폼 인터페이스를 지원할 수 있으며, MDDI와 RGM 타이밍을 위해 유연하게 조정할 수 있도록 하드웨어 구성을 하였으며, 무엇보다 작은 사이즈와 배터리 장착으로 휴대하여 LCD 모듈을 검사 및 데모를 할 수 있는 것이 특징이다. 하드웨어에서 지원하지 못한 부분은 클라이언트 소프트웨어에서 지원할 수 있도록 프로그램을 구성하여 거의 모든 모바일 LCD 모듈을 검사 할 수 있다. 4장의 실험 결과에서 명멸현상과 휘도 측정을 위해 일시적으로 프레임을 30fps에서 60fps로 상향 조정하여 측정하여 휘도계와 연동한 데이터 출력을 보다 쉽게 확인 할 수 있도록 구성 하였다. 기존의 휘도계 자체에 확인하지 못하는 오토감마 알고리즘을 통한 연동 값을 클라이언트 프로그램에서 확인 및 데이터의 저장이 가능하다. MDDI 클럭 스피드의 경우 기존에 20MHz에서 27.5MHz(220Mbps)로 향상 시켜 VGA(640x480)급의 MDDI 모듈을 무리 없이 테스트 할 수 있게 된 것이 큰 특징이다. 제시한 실험 결과는 정성적인 분석에 기반으로 하고 있어 레지스터의 설정에 따른 프레임의 변화와 속도의 변화 분석을 위한 방법이 필요로 하다. 또한 현재의 시스템은 스탠드 얼론(stand alone) 방식으로 독립적으로 제어하고 테스트를 하지만 향후에는 수십 대의 시스템을 묶어 상호 통신하면서 테스트 할 수 있도록 구성된다면 LCD 모듈 테스트를 위한 인력의 소모를 줄여 생산성의 향상을 가져올 거라 예상된다.

### 참고문헌

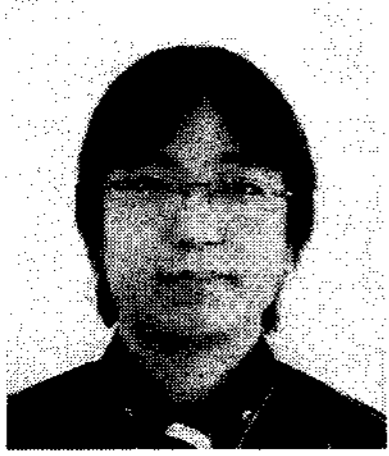
- [1] "Flat panel display," BP사, 2003.
- [2] "FPD international," BP사, 2004.
- [3] C. Chyn, "Riding on the Tide : The east asian FPD industry," MIC, June 2004.
- [4] G. Oversluizen, T. Dekker, M. F. Gillies, and S. T. de Zwart, "High efficacy PDP," *SID 2003 digest*, pp. 28-31.
- [5] M. Uchidoi, "Fourth-Generation PDPs : High image quality and low powder consumption," *SID 04 digest*, pp. 202-205.
- [6] Y. Nakane, "TFT-LCD industry outlook," *deutsche bank*, June

2004.

- [7] 과학기술부, "TFT LCD test system에 관한 연구," 과학기술부, 2000.
- [8] 이인석, "LCD 패널 검사 부품제작장치 제어모듈 개발," 한국기술교육대학교, August 2006.
- [9] 전재우, 김평진, 오삼권, "LCD 모듈 검사 시스템의 구현," 한국정보처리학회 춘계학술발표 논문집(CD-ROM),

pp. 10-11, 1998. 4.

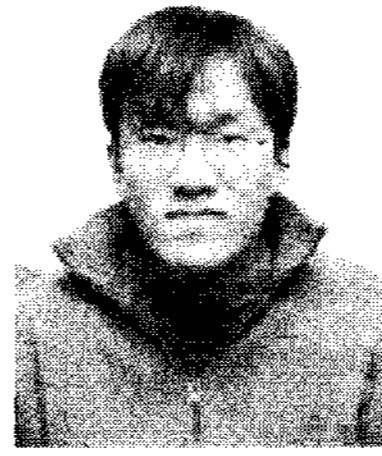
- [10] 오삼권, "LCD 에이징 검사 시스템," 반도체 장비기술 논문집, 2000.
- [11] 유상현, 김용관, "모폴로지를 이용한 TFT-LCD 셀 검사 알고리즘 연구," 한국조명전기설비학회논문지 제 21 권, 제 1 호, January 2007.



**김 홍 규**

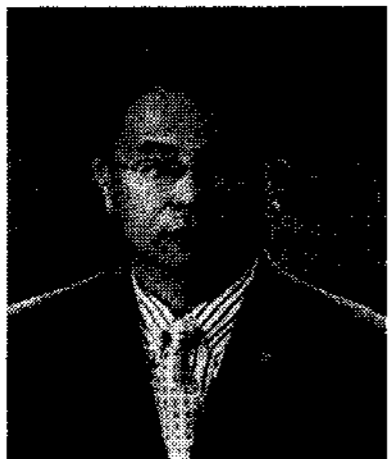
2004년 평택대학교 컴퓨터학과졸업.  
2006년 수원대학교 컴퓨터학과 석사.  
2006년~현재 수원대학교 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 센서네트워크 기반 위치추적, 유비쿼터스 헬스케어(BSN), 실시간 센서네트워크 운영체제, 실시간

데이터베이스.



**이 기 화**

2005년 수원대학교 컴퓨터학과 졸업.  
2005년 (주)하이버스 S/W팀 입사. 2005년~현재 (주)하이버스 S/W LCD모듈 개발 담당. 관심분야는 임베디드 H/W 개발 도구, 임베디드 S/W 응용프로그래밍, 개발 및 진단장비.



**문 승 진**

1986년 The University of Texas At Austin 졸업. 1991년 The Florida State University 석사. 1997년 동 대학 박사. 1997년~현재 수원대학교 IT대학 교수. 관심분야는 실시간 멀티미디어 리눅스, 실시간 모바일 데이터베이스, 실시간 임베디드

시스템, 실시간 센서네트워크 시스템.