

임베디드 시스템 기반의 OLED/TFT LCD 컨트롤러 설계

조용성*, 신경욱*, 이용환*

*금오공과대학교

A Design of an OLED/TFT LCD controller based on Embedded System

Young-Sung Cho*, Kyung-Wook Shin*, Yong-Hwan Lee*

*Kumoh National Institute of Technology

E-mail : knut9801@kumoh.ac.kr

요 약

기존의 임베디드 시스템 장비는 간단한 메뉴화면, 배경화면 등의 디스플레이 환경을 제공하였다. 하지만, 임베디드 시스템 장비의 사용범위가 점차 확대되고, 사용자의 요구가 증가되면서 멀티미디어 콘텐츠 및 동영상의 지원 여부가 장비의 주요 성능으로 부각되고 있다. 하지만 기존 임베디드 시스템 장비에서는 소프트웨어로 디스플레이 환경을 구현하므로 멀티미디어 콘텐츠 및 동영상 지원에 대한 충분한 데이터 전송 대역을 확보하기 어려우며 메인 프로세서의 실행에 많은 부담을 주어 시스템 성능을 저하시키는 주요 원인이 되었다. 본 논문에서는 임베디드 시스템에 적합한 OLED/TFT-LCD 컨트롤러 모델을 제안하고 이를 Verilog-HDL을 이용하여 설계하여 기존의 임베디드 시스템 장비의 디스플레이 성능과 비교 평가한다.

ABSTRACT

Today's most equipments that contain embedded system only support simple menus and background graphics. However, as the embedded system is applied for much more various fields and the user's needs for graphical interface become higher, the support for multimedia and moving pictures became an important criterion to evaluate the performance of a equipment. Because the present embedded system uses software to construct display environment, it is difficult to meet the bandwidth for multimedia contents and moving pictures. Using software for graphic also lowers the performance of the main function by overloading the processor. In this paper, we present an OLED/TFT-LCD controller suitable for embedded systems. The architecture we propose is described in HDL and the performance is evaluated in comparison with the existing embedded systems.

키워드

Embedded System, Display, OLED controller, TFT-LCD controller

1. 서 론

기존에는 임베디드 시스템이 통신장비 및 생산설비 등의 일부 분야에서만 사용되었다. 실제로 시스템 설비에 사용되는 대표적인 상용 RTOS인 Windriver사의 VxWorks가 임베디드 시스템 운영체제 시장의 38%의 점유율 나타내듯 임베디드 시스템은 그 사용범위가 한정되어 있었다[1]. 하지만, 모바일 시장의 활성화와 함께 임베디드 시스템의 네트워크 기능 지원 및 실시간, 빠른 개발 속도, 다양한 개발 문서지원 등의 장점이 부각되면서 사용범위가 점점 넓어지는 추세다[2].

기존 임베디드 시스템 장비는 메뉴화면, 버튼, 인터페이스, 배경화면 등의 한정된 디스플레이 기능을 지원하였다. 하지만 임베디드 시스템 장비의 사용범위가 확대되고 있으며, 사용자의 요구가 다양해져 멀티미디어 콘텐츠 및 동영상 등 양질의 디스플레이 기능 지원여부가 장비의 주요 성능으로 부각되고 있다. 하지만 기존 임베디드 시스템 장비에서는 프로세서의 외부 버스를 이용하여 직접적으로 디스플레이 모듈을 연결하고 이를 소프트웨어에서 제어하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 프로세서가 연결된 버스의 동작속도에 민감하며, 주로 소프트웨어를 사용하기 때문에 프로세서

와 버스의 부담을 가중시킴으로 시스템 성능 저하의 주요 원인이 되고 있다. 따라서 다양한 디스플레이 처리 지원과 함께 시스템의 성능을 유지할 수 있는 방안이 요구되고 있다.

본 논문에서는 2장에서 임베디드 시스템에 적합한 소형 OLED/TFT-LCD 컨트롤러의 H/W 모델을 제안하고, 3장에서 제안된 컨트롤러 모델의 Verilog-HDL을 이용하여 설계를, 그리고 4장에서는 소프트웨어 구성에 관해 기술한다.

II. OLED/TFT-LCD Controller 시스템 구성

과거 임베디드 시스템은 사용 분야 및 요구 성능에 따라서 메인 프로세서의 종류가 결정되어왔다. 하지만 오늘날 시스템 설계에 필요한 시간단축 및 코드의 재사용을 위해서 ARM코어의 프로세서를 사용하는 추세이다. 그림 1.은 임베디드 시스템에서 널리 사용되는 ARM920T 코어를 사용한 프로세서의 블록 다이어그램의 예를 나타낸 것이다. 그림 1.의 프로세서에는 별도의 RGB 인터페이스 방식의 LCD 컨트롤러가 내장되어있다. 하지만 내장된 LCD 컨트롤러를 사용하려면 시스템 메인 메모리에서 비디오 버퍼를 할당받아 사용하게 되어있고, 시스템 버스를 항상 점유하게 되어 전체 시스템 속도 저하의 주원인이 되고 있다. 또한, RGB 인터페이스만을 지원하기 때문에 CPU 인터페이스 방식을 사용하는 OLED/TFT-LCD 모듈에는 사용할 수 없다.

이 때문에 현재 대부분의 CPU 인터페이스 방식의 OLED/TFT-LCD 모듈을 사용하는 시스템에서는 메인 프로세서의 비동기 외부 메모리 버스에 디스플레이 모듈을 연결하는 방식을 사용하고 있어서 메인프로세서의 처리시간 점유, 많은 버스선의 사용으로 인한 설계 어려움, 비동기 버스 사용으로 인한 낮은 데이터 전송속도 등의 어려움이 있다.

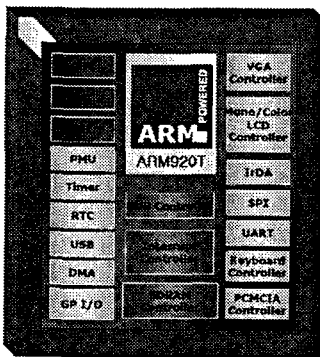


그림 1. ARM920T 코어 구성도

기존 임베디드 시스템에서 문제가 되고 있는 디스플레이에 필요한 비용 및 소프트웨어의 처리

시간 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 OLED/TFT-LCD controller 시스템을 그림 2.와 같이 구성하였다.

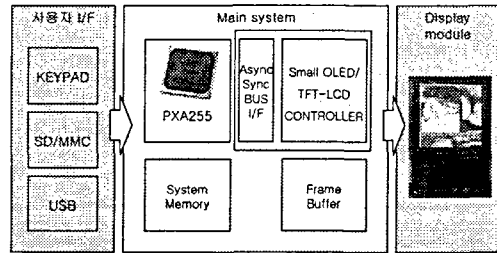


그림 2. OLED/TFT-LCD Controller 시스템 구성도

이 시스템은 사용자 인터페이스와 이를 처리하는 메인 시스템 그리고 디스플레이를 위한 디스플레이 모듈의 크게 3가지 단계로 구성되며, 임베디드 리눅스를 기반으로 구동된다. 사용자 인터페이스 처리를 위한 각종 디바이스 드라이버는 임베디드 리눅스에서 지원되는 기본 디바이스 드라이버를 사용하였으며, 입력된 데이터의 처리를 담당하는 메인 프로세서는 Intel의 ARM10 core와 호환가능한 PXA255를 메인 프로세서로 사용하였다.

디스플레이 모듈로는 현재 모바일 장치에 널리 사용되는 CPU 인터페이스 방식의 OLED/TFT-LCD를 사용하였다.

III. OLED/TFT-LCD Controller 설계 및 FPGA 구현

2장에서 언급한 문제점을 해결하기 위하여 메인 프로세서와 디스플레이 모듈 사이에 그림 3.과 같은 구조의 OLED/TFT-LCD Controller를 시스템에 적용한다.

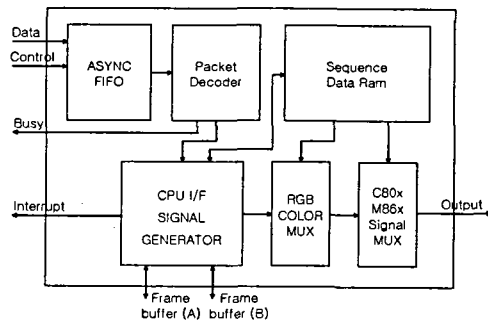


그림 3. OLED/TFT-LCD Controller H/W 구성도

3.1 비동기/동기 버스 인터페이스 설계

메인 프로세서로부터 동기 버스뿐만 아니라 비

동기 버스에서도 사용할 수 있도록 그림 4와 같이 비동기 FIFO를 이용하여 버스 인터페이스를 구현하였다[3].

본 논문에서 사용한 FIFO는 비동기 회로에서 발생할 수 있는 metastability를 해결하기 위하여 2단의 플립플롭을 이용하였으며, 고속 동작을 위하여 full과 empty신호를 가산기를 사용하지 않고 and, xor, not 게이트 등을 사용하여 처리 속도를 향상시켰다[4].

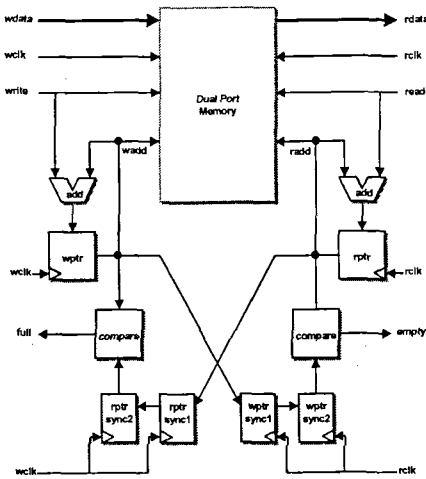


그림 4. 동기화 F/F을 사용한 비동기 FIFO

3.2 패킷 분석기 설계 및 CPU I/F 신호 발생부의 설계

메인 프로세서로부터의 입력신호는 그림 5와 같이 18단계의 패킷으로 구성되어 있다. 이 패킷은 CPU I/F 신호 발생부의 제어, 인텔 8080계열 및 모토롤라 6800계열 비동기 버스 신호를 발생하는데 필요한 타이밍 정보, 디스플레이 모듈의 인스트럭션 셋 및 데이터, RGB 컬러 선택(24-bpp, 16-bpp, 18bpp, etc...) 등의 정보를 가지고 있다.

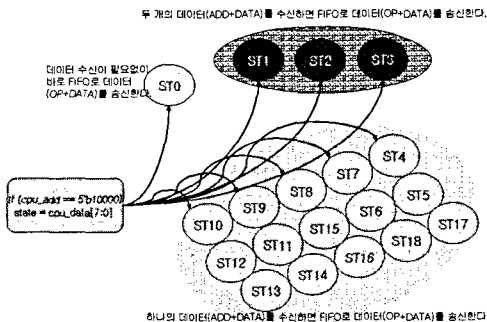


그림 5. 입력된 패킷의 처리

위와 같이 입력된 패킷 정보 중 인텔 8080계열 및 모토롤라 6800계열의 비동기 버스 신호의 타이밍 정보는 표 1과 같이 Sequence Data Ram에 저장되며, CPU I/F 신호 발생부에 의해 Sequence Data Ram에 저장되어 있던 데이터를 RGB color mux 및 I80-M68 signal mux 모듈로 전송하게 된다.

표 1. Sequence Data Ram 어드레스 별 데이터

Address	Data
0x000~0x01F	Reset Sequence Data
0x020~0x03F	Instruction Set in PowerMode1
0x040~0x05F	Data in PowerMode1
0x060~0x07F	Instruction Set in PowerMode2
0x080~0x09F	Data in PowerMode2
0x0A0~0x0BF	Instruction Set in PowerMode3
0x0C0~0x0DF	Data in PowerMode3
0x0E0~0x0FF	Instruction Set in PowerMode4
0x100~0x11F	Data in PowerMode4

3.3 OUTPUT MUX 설계

디스플레이 모듈의 제어에 필요한 인스트럭션 신호 및 픽셀 데이터 신호를 출력하는 모듈은 RGB color mux 모듈과 I80-M68 signal mux 모듈로 구성되어 있다. RGB color mux 모듈은 디스플레이 장치의 픽셀 데이터 제어에 필요한 컬러 데이터(24-bpp, 16-bpp, 18bpp, etc...)를 발생하는데 사용되며, I80-M68 signal mux 모듈은 Sequence Data Ram에 저장된 데이터를 기준으로 디스플레이 장치 제어에 필요한 신호 및 데이터선(chip select, read/write enable, data bus, etc...)의 동작을 제어하는데 사용된다.

3.4 설계 검증 및 FPGA 구현

Xilinx사의 FPGA를 이용하여OLED/TFT-LCD controller를 구현한 결과 표 2과 같은 성능을 가지게 되었다. 이 FPGA를 PXA255의 외부 비동기 버스에 연결하여 실제 디스플레이 디바이스(LG P1S96, LDS512)를 구동한 결과 처리속도가 이전 시스템의 15Frame/sec에서 20Frame/sec로 개선되었다.

표 2. FPGA 합성결과

Number of Slices	1288	74%
Number of Slice Flip Flops	1050	30%
Number of 4 input LUTs	1847	53%
Number of bonded IOBs	55	38%
Number of GCLKs:	2	50%

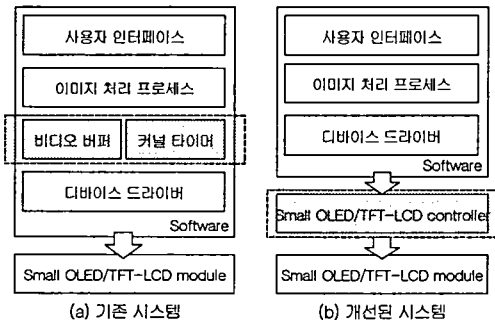
IV. OLED/TFT-LCD Controller 시스템의 소프트웨어 설계

본 논문에서 제안한 시스템은 임베디드 리눅스(커널 버전 2.14)를 기준으로 제작되었다. 기존의 OLED/TFT-LCD 컨트롤러는 그림 6.의 (a)와 같이 구성되어 있다. 사용자 인터페이스 부분은 key pad 입력 및 USB, serial 통신 등의 사용자에게 의한 입력을 처리하여 이미지 처리 프로세서에 사용자의 요구를 전달하는 역할을 한다. 이미지 처리 프로세서는 사용자에게 요구에 맞게 디스플레이 정보를 처리하는 역할을 한다. 이렇게 처리된 데이터를 소프트웨어 비디오 버퍼를 이용하여 저장하고 디바이스 드라이버에서 할당 받을 수 있는 메모리 크기가 한정되어 있으므로 일정한 크기로 분할하여 디스플레이 데이터를 전송하게 된다. 이 방식은 소프트웨어의 데이터 처리 부담이 크며, 메모리 낭비와 함께 동작속도 저하의 주원인이 되었다.

MIPI(Mobile Industry Processor Interface) 방식의 적용을 통하여 임베디드 시스템 디스플레이에 있어서 저 비용으로 디스플레이 시스템을 구축하는데 효율적인 대안이 될 것이다.

참고문헌

- [1] "Embedded Software Developers Maintain the Status Quo", Gartner, 2003. 5.
- [2] 정부연, "임베디드 os 시장의 현황 및 시사점", 정보통신정책, 15권, 22호, 2003. 1
- [3] Edward Paluch, "Synthesis Optimized Universal Synchronous/Asynchronous Generic FIFO Design", SNUG San Jose 2003 paper
- [4] 이용환, "레지스터 기반 비동기 FIFO 구조 설계 기법", 한국해양정보통신학회, 2005. 5.



※ 반도체설계교육센터(IDECE)의 CAD Tool 지원에 감사드립니다.

그림 6. 소프트웨어 개선안

이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 6.의 (b)와 같이 이미지 처리 프로세서에서 처리된 데이터를 실시간으로 디바이스 드라이버를 통해 본 논문에서 제안한 OLED/TFT-LCD controller로 디스플레이 데이터를 전송하게 된다. 따라서, 이전에는 소프트웨어로 구성하여 제어하던 디스플레이 데이터를 H/W가 처리하므로 인하여 실행 파일의 크기가 감소하였으며, 동작속도가 향상되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 임베디드 시스템에서 CPU 인터페이스의 OLED/TFT-LCD를 위한 컨트롤러 시스템을 제안하고, 이를 H/W 모델링 및 FPGA를 이용하여 구현하였다. 이를 통하여 본 논문에서 제안한 시스템이 이전 시스템보다 디스플레이 데이터 처리능력을 향상시킨 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 컨트롤러의 입력이 비동기/동기 버스를 지원하므로 다양한 프로세서와의 호환이 가능하다.

향후 본 논문의 연구 결과를 확장하여 MDDI(Mobile Display Digital Interface) 및