

# 임베디드 리눅스 기반 EtherCAT 슬레이브 모듈 설계 Design of EtherCAT Slave Module based on Embedded Linux

\*서지원<sup>1</sup>, #이경창<sup>2</sup>, 송영훈<sup>1</sup>, 이석<sup>1</sup>

\*J. W. Seo<sup>1</sup>, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)<sup>2</sup>, Y. H. Song<sup>1</sup>, S. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 기계공학부, <sup>2</sup>부경대학교 제어계측공학부

Key words : Intelligent Manufacturing System, Fieldbus, EtherCAT, Embedded Linux, Application

## 1. 서론

최근 지능형 생산 시스템(IMS: Intelligent Manufacturing System)은 다양한 센서와 제어기와 같은 필드 장치(Field device)를 사용하여 구성되어 있으며, 다수의 필드 장치를 효율적으로 제어하고, 관리하기 위해 필드버스(Fieldbus)라고 하는 산업용 네트워크를 사용하여 이러한 필드 장치를 연결하고 있다. 최근의 필드 장치에서 요구되는 높은 수준의 실시간 요구사항을 만족시키기 위해 여러 가지 필드버스 프로토콜이 개발되었다. 2000년대 이후부터는 인터넷의 보급과 발전으로 인해 ethernet을 기반으로 하는 ProfiNet, Ethernet/IP, EtherCAT 과 같은 프로토콜이 표준으로 제정되어 산업용 네트워크로 널리 사용되고 있다.

또한 필드 장치의 수행 능력이 점점 높아짐에 따라 높은 성능의 처리장치와 임베디드용 OS를 이용한 복잡한 연산이 필요하게 되었으며, 최근 DSP(Digital Signal Processor)나 ARM과 같은 아키텍처를 사용하는 SoC와 embedded linux와 같은 실시간 OS가 필드 장치에 적용되어 사용되고 있다.<sup>1-3)</sup>

본 논문에서는 고성능 SoC에서 고 수준의 연산을 수행하면서 동시에 시스템의 실시간 요구사항을 만족 하도록 embedded linux를 기반으로 하는 EtherCAT 슬레이브 모듈의 설계 방법을 제안한다.

본 논문은 총 4장으로 구성되어 있으며, 2장에서는 설계 방법의 기반 기술이 되는 EtherCAT과 embedded linux에 대해 기술하였으며, 3장에서는 EtherCAT 슬레이브 모듈의 설계 방법에 대해 기술하였다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 기술하였다.

## 2. EtherCAT 및 Embedded Linux

### 2.1 EtherCAT 프로토콜

EtherCAT 프로토콜은 IEC규격 (IEC/PAS 62407) 과 ISO규격(ISO 15745-4)으로 인증된 국제 표준 프로토콜로 뛰어난 동기화 특성과 함께 제한된 토폴로지에 의존하지 않는 성능으로 유럽 국가를 중심으로 산업용 네트워크로 널리 사용되고 있다. 특히, CANopen이나 SERCOS와 같은 기존에 널리 사용되고 있던 프로토콜의 자료 구조를 지원하여 호환성 및 편의성을 높이고 있다. EtherCAT 프로토콜의 전송방법은 브로드캐스트 방식으로 마스터에서 전송된 데이터 프레임이 슬레이브 모듈을 통과하는 동안 해당 모듈에 할당된 텔레그램에서 데이터가 업데이트되며, 하나의 슬레이브 모듈에서의 지연 시간은 수 nsec 이다.

### 2.2 Embedded linux

Embedded linux는 기존의 linux시스템이 가지고 있는 확장가능성, 가격 경쟁력, 품질 경쟁력과 범용성을 그대로 이어오면서, embedded시스템에서는 사용하지 않는 멀티유저 기능, 메모리 및 디스크 관리 기능 등을 삭제하여 그 크기와 사용범위를 embedded 시스템에 맞도록 수정한 linux 시스템을 말한다.

Embedded linux는 하드웨어영역, 커널영역, 유저영역 구조로 되어 있으며, 커널은 디바이스 드라이버, 메모리 등을 이용하여 하드웨어와 데이터를 교환하며, 시스템 콜을 이용하여 유저영역과 데이터를 교환한다(Fig. 1).

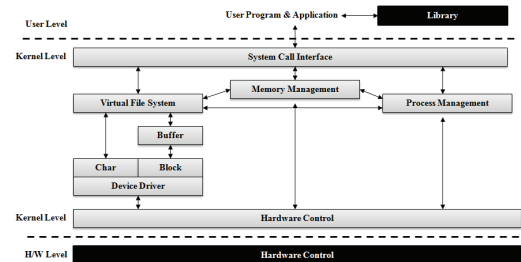


Fig. 1 structure of linux kernel

### 3. EtherCAT 슬레이브 모듈

EtherCAT 슬레이브 모듈은 EtherCAT frame을 해석하고 데이터 입출력을 담당하는 ESC(EtherCAT Slave Controller)와 ESC를 제어하고 데이터의 processing을 담당하는 SoC로 구성되어 있으며, SoC의 구동을 위해 embedded linux를 사용한다(Fig. 2).

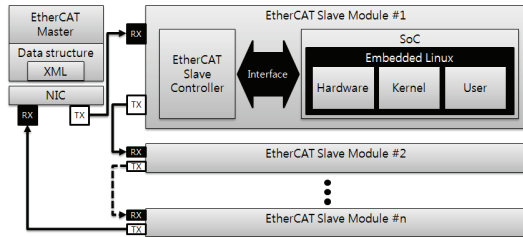


Fig. 2 structure of EtherCAT slave module

SoC와 ESC의 인터페이스는 embedded linux의 hardware driver를 이용하여 구현하며, 데이터 입/출력을 위한 인터페이스 드라이버 이외에도 timer, I/O, 인터럽트의 처리를 위한 드라이버가 추가로 요구된다. 또한 EtherCAT slave stack을 커널에 추가하였으며, EtherCAT state machine과 CoE를 위한 Mailbox 기능, process data의 처리 등을 담당한다. 마지막으로 User application에서 process data의 후처리를 담당하며 필드 장치를 제어하기 위한 제어 알고리즘이 함께 유저 영역에 위치한다(Fig. 3).

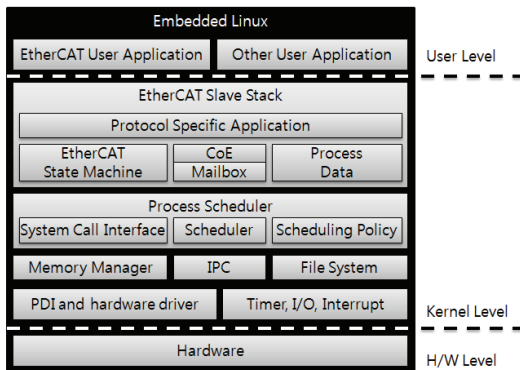


Fig. 3 structure of EtherCAT slave stack

ESC의 인터페이스 종류에 따라 다르게 적용되는 PDI 하드웨어 드라이버와 나머지 3가지의 드라이버는 리눅스 커널에서 지원하는 IPC(Inter process communication)을 통해 EtherCAT slave stack으로 전달된다. EtherCAT state machine은 Master의

제어 명령에 따라 EtherCAT의 제어 상태를 Init, Pre-OP, Safe-OP, OP의 4종류로 변경하는 역할을 하며, 상태 변경과 동시에 내부 데이터 입출력을 활성화 하여 Slave to Master 전송, Master to Slave 전송 상태를 변경한다. process data는 CiA402 표준에 따라 정의되어 있으며, data object를 사용하여 나타내었다. Data object에는 PDO(Process Data Object)와 SDO(Service Data Object)를 정의하였으며, PDO에는 매 cycle마다 전송되어야 하는 중요 데이터를 정의하고 있고, SDO에는 장치의 파라미터나 설정 데이터 등 비 주기적인 데이터를 정의하고 있다. SDO와 같은 비 주기 데이터는 Mailbox를 통해 전송한다. 마지막으로 CANopen데이터 규격 지원을 위해서 object mapping 등을 수행하는 프로토콜 특정 응용을 거쳐 유저 영역의 user application과 데이터 교환을 수행한다.

### 4. 결론

본 논문에서는 embedded linux 시스템에서 운용되는 EtherCAT 슬레이브 모듈의 설계 방법에 대하여 소개하였다. 하지만, 본 논문은 EtherCAT slave 모듈을 이용한 데이터 전송에만 초점을 맞추었으며, 실시간 응용에 필요한 DC(Distributed Clock) 기능을 사용하기 위한 RT-linux 커널 적용과 같은 연구가 추가적으로 필요하다.

### 후기

본 논문은 지식경제기술혁신사업 “로봇산업융합 원천기술개발사업(project:10040106)”의 지원을 받아 수행된 연구결과임

### 참고문헌

1. Protocol Implementation Issues on an Embedded Linux Platform," Automation, Quality and Testing, Robotics, 2006 IEEE International Conference on, pp. 420-425, 2006.
2. Eui-Chan Jung, Jae-Wook Jeon, "Embedded Linux Platform Several Slave Communication," Control Automation and Systems, 2010 International Conference on, pp. 2413-2417, 2010.
3. H. S. Park, and W. H. Kwon, "Industrial network and application.," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, vol. 2, No. 4, pp. 4-18, 1996