

산업용 분산 모션제어를 위한 DSP기반 EtherCAT 네트워크 시스템 Stack 설계

Design of DSP Based EtherCAT Network Stack For Industrial Distributed Motion Control

*이주경¹, 송영훈¹, #이경창², 이석¹*J. K. Lee¹, S. Y. Song¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)², S. Lee¹¹부산대학교 기계공학과, ²부경대학교 제어계측공학과

Key words : Industrial Robot, distributed motion control, EtherCAT, Ethernet networks

1. 서론

산업 현장의 생산 기술이 발전하고, 컴퓨터 및 통신 기술의 발전에 따라 보다 효율적이고 신뢰성 높은 결과를 얻기 위한 산업용 네트워크의 요구사항은 증가하고 있다.[1] 특히 높은 수준의 지능화가 자동화 시스템에 요구되면서, 필드 장치의 성능 향상과 함께 장치의 수도 급속히 증가되고 있다. 최근 산업용 네트워크 시스템은 Ethernet기반의 필드버스 시스템의 적용이 증가하고 있다. Ethernet 기반의 산업용 통신 프로토콜 중 하나인 EtherCAT은 완전 개방형 기술지원파, 표준 Ethernet프레임과의 뛰어난 호환성, 기존의 NIC(Network Interface Card)를 이용한 시스템 구성 등의 이유로 산업용 네트워크로 많은 연구 중이다.[2]

본 논문에서는 산업용 분산 모션제어를 위한 EtherCAT 네트워크 시스템의 슬레이브 모듈의 구현 방법을 제안한다. 특히, 제안하는 EtherCAT 네트워크 시스템은 산업용 모션제어를 위한 DSP 기반으로 설계하여 고속 연산이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 논문은 총 4장으로 구성되어 있다. 2장에서는 EtherCAT 프로토콜과 DSP 기반의 제어시스템에 대해서 설명한다. 3장에서는 DSP기반의 EtherCAT Stack 설계 방법 및 구현에 대해서 설명하고 마지막 4장에서 요약과 결론을 제시한다.

2. EtherCAT 프로토콜 및 DSP 개요

EtherCAT 프로토콜은 2002년 독일 BeckHoff사

에서 개발된 이후 2003년 11월에 EtherCAT technology groupd을 결성해서 공개한 개방형 산업용 Ethernet 기술이다. Fig. 1은 EtherCAT 프로토콜의 전용 데이터 프레임의 구조를 나타내고 있다. 그럼에서 데이터 프레임은 주소 정보를 포함하는 Ethernet 헤더(header), 정보를 포함하는 ECAT, 데이터를 포함하는 EtherCAT 텔레그램(telegram)으로 구성된다. Ethernet 헤더는 Pre (Preamble), DA (Destination Address), SA (Source Address)와 프레임의 타입을 결정하는 type으로 구성된다. 슬레이브 모듈이 데이터를 기입하는 EtherCAT 텔레그램은 EtherCAT 명령에 따라 필요한 지침과 주소를 기입하는 EtherCAT HDR, 필요한 데이터 작성 유무를 표시하는 WKC로 구성된다. 마지막으로, FCS는 에러를 확인하는 기능을 수행한다.[3]

DSP 기반의 EtherCAT 네트워크 설계를 위해서는 구현하는 데이터형을 고려하여 설계 하여야 한다. DSP는 고속 연산을 위해서 데이터 메모리 어드레싱 회로를 간단하게 구현되어 있다. 그 결과, byte addressing이 이뤄지지 못하여 대부분은 word 단위로 이뤄지는데 DSP용 컴파일러에서의 데이터형을 확인해보면 short형, char형, int형 등등의 크기가 모두 word 단위로 되어 있다. 하지만 DSP는 제한적으로 byte 단위를 사용하기 위한 어셈블리 명령어인 ACC(Accumulator)을 제공하고 있다. ACC의 구조는 상위 16bit의 AH와 하위 10bit인 AL로 구분하며, AH는 또다시 8bit로 AH.MSB와 AH.LSB로 구분된다. 즉 ACC를 활용하여 8bit, 16bit 단위의 명령어 사용이 가능하다.

Ethernet Header				ECAT	EtherCAT Telegram		EtherCAT Telegram			Enet	
Pre	DA	SA	Type	Frame HDR	EtherCAT HDR	Data	WKC	EtherCAT HDR	Data	WKC	FCS
(8)	(6)	(6)	(2)	(2)	(10)	(34....1488)	(2)	(10)	(34....1444)	(2)	(4)

Fig. 1 The EtherCAT frame structure

3. EtherCAT 네트워크 설계 방법 및 구현

EtherCAT 네트워크를 위해서는 ESC(EtherCAT Slave Controller)와 제어를 하기 위한 DSP로 구성되어 있다. DSP는 C2000 계열의 32 bit floating point DSP인 TMS320F28335를 이용하여 EtherCAT 네트워크 시스템을 설계하였다. ESC는 BeckHoff사의 ET1100을 사용하였다. ESC는 EtherCAT의 MAC와 DLL에 해당하는 부분으로써 EtherCAT frame의 encoding과 decoding을 담당하며 슬레이브 모듈의 필요한 데이터를 노드 컨트롤러에 전달하는 기능을 담당한다.

Fig. 2는 DSP 기반의 EtherCAT 슬레이브 모듈의 구조도를 나타내고 있다. EtherCAT 슬레이브 모듈은 네트워크와 연결을 위한 2개의 RJ45 커넥터와 Ethernet transceiver로 구성되어 있다. 또한, EtherCAT의 MAC(Medium Access Control)과 물리 계층을 연결하기 위한 인터페이스 방식은 MII(Media Independent Interface) 방식을 이용하여 2개의 포트로 구성되어 있다. DSP와 ESC와는 SPI 인터페이스 방식으로 연결하였으며, EtherCAT 슬레이브 모듈에서 외부의 센서 및 엑추에이터를 연결하여 제어가 가능하도록 구성하였다.

Fig. 3은 본 논문에서 제안하는 DSP 기반의 EtherCAT 슬레이브 모듈을 나타낸다. EtherCAT 프로토콜은 마스터/슬레이브 구조의 시스템을 특징

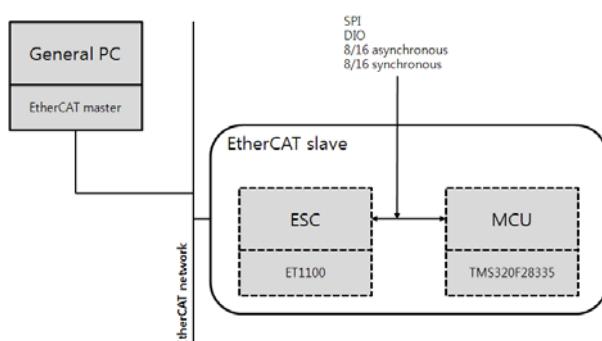


Fig. 2 The EtherCAT slaver structure



Fig. 3 DSP based EtherCAT Slave

으로 한다. EtherCAT 마스터는 PC 기반의 TwinCAT 시스템으로 실험을 진행하였으며, EtherCAT 마스터는 XML 언어를 기반으로 사용하고 있다. 구현된 마스터 프로그램을 기반으로 EtherCAT 프로토콜을 구성하여 EtherCAT 슬레이브 모듈의 통신 실험을 진행하였다.

4. 결론

본 논문은 산업용 네트워크 프로토콜 중 하나인 EtherCAT 프로토콜의 DSP 기반 슬레이브 모듈의 설계를 제안하였다. 특히, 제안하는 EtherCAT 슬레이브 모듈은 고속모션제어를 위한 DSP 기반으로 설계하였다. DSP 기반의 EtherCAT 네트워크 시스템은 산업용 생산 시스템 및 로봇의 디지털 모션제어에 활용할 수 있다는 장점을 가질 수 있다.

하지만 본 논문은 상용 DSP모듈과 EtherCAT 모듈을 통해 네트워크 평가를 수행하여 그 적용 가능성을 평가하였다. 따라서, 실제 산업용 네트워크로 적용하기 위해서는 실제 제어 환경에서의 EtherCAT 프로토콜의 성능 평가가 필요하다. 또한, EtherCAT 슬레이브 모듈의 동기화 및 실시간 특성을 판단하기 위한 다른 통신 프로토콜과의 비교 연구도 필요하다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지식경제기술혁신사업 “기타로봇/자동화기계관련기술 산업원천기술개발사업(project : 10040106)”의 지원을 받아 수행된 연구결과임

참고문헌

1. S. M. Song and S. H. Hong, “A scheduling method of periodic data in the Foundation fieldbus and experimental evaluation,” Journal of Control, Automation and Systems Engineering, vol.11, no. 2, pp. 167-174, 2005.
2. Y. S. Moon, N. Y. Ko, E. J. Kim, and Y. C. Bae, “Network module design based on photonic-EtherCAT for robot drive,” International Conference on Control, Automation and Systems, pp. 824-829, 2008.
3. J. H. Park, Y. K. Bae, K. C. Lee, and S. Lee, “Design of EtherCAT network for high speed synchronous control of industrial manufacturing robots,” 2009 Korea Automation Control Conference, pp. 949-951, 2009.