

로봇의 다축 모션 제어용 AC 서보 모터 드라이버 구현

김용진* · 배영철** · 김광현***

Implementation of Motor Driver for Control of AC Servo Motor of Robot

Yong-Jin Kim* · Young-Chul Bae** · Kwang-Heon Kim***

요약

최근에 로봇에서 다축 모션 제어를 위한 노력이 계속되고 있다. 본 논문에서는 로봇에서 다축 모션 제어를 쉽게 할 수 있는 AC 서보 드라이버를 구현 기법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 상위의 제어기 단과 드라이버 단 사이의 통신을 위해 WDM 방식을 적용한 싱글 광 코어 기반의 양방향 광 EtherCAT 통신 기술을 적용하여 구현한다.

ABSTRACT

An effort for motion control of multi-axis in robot have been continued recently. In this paper, we propose implementation method for AC servo driver that can be easily motion control of multi-axis in robot. This proposed method implement EtherCAT communication technologies of bi-directional optical communication based on single optical core method that applied WDM for communication between control stage which is upper and AC servo drive stage.

키워드

Optical network, WDM, EtherCAT, AC servo driver, Motion control
광 네트워크, 파장분할다중화, 이더넷, 교류 서보 드라이버, 모션 제어

1. 서론

산업현장에서 동력원을 이용하여 구동 및 제어에 사용하는 모터의 종류는 매우 많으며 대표적으로 DC 모터, BLDC(brushless direct current) 모터, RC 모터, 초음파 모터, 스텝핑 모터, 리니어 모터, AC 서보모터 [1-3] 등이 있다. 이들 모터들은 구동과 제어의 사용 목적에 맞게 사용자 및 설계자가 선택하여 사용하고 있다.

이들 모터들을 구동하고 제어하기 위해서는 드라이

버 장치가 필요하다. 모터 드라이버는 일반적으로 2가지 형태로 공급한다. 그중 하나는 모터를 제조한 회사에서 모터와 함께 드라이버를 일체형으로 제작하여 공급하는 방식이 있고, 다른 하나는 모터 공급자가 드라이버를 공급하지 않고 모터만을 공급하여 사용자가 필요한 드라이버를 자체적으로 제작하여 사용하는 경우이다.

이들 두 가지 방법은 각자 장점과 단점이 존재한다. 먼저 일체형으로 공급하는 경우 모터와 드라이버가 일체형으로 되어 있어 사용자는 쉽게 모터 구입과 동

* 전남대학교 전기공학과(yjk2910@gscaltex.com)

** 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부(ycbae@jnu.ac.kr)

*** 교신저자, 전남대학교 공과대학 전기공학과(khk@chonnam.ac.kr)

접수일자 : 2012. 05. 16

심사(수정)일자 : 2012. 05. 30

게재확정일자 : 2012. 06. 07

시에 자동으로 드라이버를 구입하여 사용할 수 있으므로 사용이 편하다는 장점이 있으나 모터 구동과 관련하여 전적으로 생산 공급자에 의존해야만 하는 문제점을 가진다. 또한 사용자가 로봇 등과 같이 시스템의 특성에 맞는 내용으로 변경하여 모터를 사용하고 할 경우에 직접 처리하지 못하거나 제조업체의 도움을 받아야만 해결하는 어려움이 존재한다.

또한 모터 드라이버를 공급하지 않고 모터만을 공급하는 경우 사용자가 모터 드라이버를 자체적으로 제작하든가 아니면 목적에 맞는 상용 제품을 해야만 하는 번거로움이 따른다.

최근에 로봇에서의 모터 제어를 위한 연구가 네트워크를 기반으로 많은 연구[4-10]가 활발하게 진행되고 있다. 초기의 로봇과 달리 최근의 로봇은 로봇 구조가 복잡해지고 보다 정밀한 모션제어를 필요함에 따라 로봇 제어용 모터로서 고정도 위치 제어용 모터인 AC 서보모터의 사용과 네트워크에 의한 제어 [4,6,8]의 필요성이 높아지고 있다. AC 서보모터의 경우 비교적 크기가 작고 고정도의 성능을 가지는 영구 자석형 동기 모터(PMSM, Permanent Magnetic Synchronous Motor) 많이 적용되고 있다.

AC 서보모터는 제어 구조상 별도의 구동 드라이버를 필요로 하게 되며, 기존의 서보 시스템에 비하여 복잡한 제어 드라이버의 구조로 인한 개발 어려움이 있으며, 상용화된 드라이버를 적용할 경우에는 드라이버의 크기 문제로 인하여 모션 제어에 적용하기에는 적당하지 않은 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구는 로봇의 다축 모션 제어에 적용하기 위한 AC 서보 모터구동용 서보 드라이버 개발을 제안한다. 제안하는 AC 서보용 모터 드라이버는 광-EtherCAT 통신을 기반으로 제어기단과 드라이버단 사이의 하드웨어를 구현한다.

논문에 구성은 1장 서론을 기준으로, 2장에는 7축 로봇 매니플레이터의 모션 제어를 위한 시스템 구성, 3장에서는 AC 서보 드라이버의 하드웨어 구현, 4장 결론의 순서로 구성되어 있다.

II. 다축 로봇 매니플레이터의 모션 제어를 위한 시스템 구성

다축 모션 제어용 AC 서보 모터 드라이버 시스템

은 그림 1과 같이 크게 제어단, 통신부, 드라이버단, 인터버부, 모터단의 3단 2부로 구성한다. 여기서 시스템 구성에서 가장 핵심이 되는 영역을 단이라고 정의하였고, 단과 단 사이에 공통으로 연결되는 영역을 부로 정의하여 구성한다. 이 정의에 따라 제어기단과 드라이버단 사이에 공통으로 통신부가 위치하며 또한 드라이버단과 모터단 사이에는 인터버부가 위치하는 것으로 구성된다.

그림 1의 구성 중 본 논문에서는 통신부와 제어부 중 제어 프로세서와 모션 프로파일을 중심으로 개발한다.

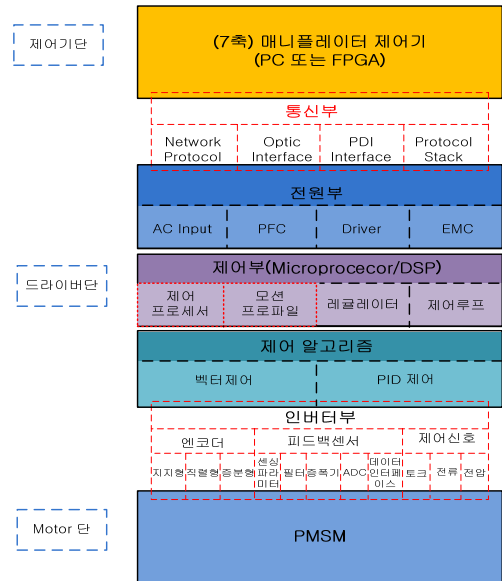


그림 1. AC 서보 드라이버 시스템의 블록 다이어그램
Fig. 1 Block diagram of AC servo drive system

2.1 매니플레이터 제어단

최상위의 제어단은 다축(7축) 매니플레이터의 모션 제어를 담당하기 위한 기구로서 PC 또는 FPGA를 이용하여 구성한다. 일반적으로 이 제어단에서는 로봇 매니플레이터의 행위를 제어하는 것으로 물건을 잡는 다든지 또는 꼭 쥐도록 제어하는 제어 명령을 내리는 장소이다. 이 제어단은 현재 범용으로 사용할 수 있도록 PC를 많이 사용하고 있으나 제어기구의 단순한 구성 및 빠른 제어 명령 전송을 위해 앞으로는 FPGA가 더 많이 사용될 것으로 예상하고 있다. 본 논문에서는

PC를 사용하여 구현하였다.

2.2 통신부

통신부는 상위단인 로봇의 모션 제어를 담당하는 제어기단과 AC 서보 드라이버단 사이의 통신을 담당하는 장치로서 그림 2와 같이 표준 산업용 제어 프로토콜인 EtherCAT를 광통신으로 구현한 광 EtherCAT으로 구성하고, 7축 로봇 매니퓰레이터 제어를 위해 WDM 방식을 적용하고 링형으로 구성한다.



그림 2. WDM 방식을 적용한 싱글 광 코어 기반의 양방향 광 이더넷 통신 모듈

Fig. 2 Bi-directional optical EtherCAT communication module based on single optical core applying WDM method.

상부단인 제어기단에서 하부단인 모터단으로 전송하는 제어 명령과 하부단인 모터단에서 얻어진 각종 제어 명령에 대한 피드백 신호를 드라이버단을 거쳐 제어기단으로 전송하는데 송신과 수신을 서로 다른 채널을 사용하도록 파장대역 다른 WDM 방식을 사용하여 구현한다. WDM 방식의 광 EtherCAT 네트워크 프로토콜 이외에 통신부는 통신부와 원활하게 동작할 수 있도록 광인터페이스, PDI 인터페이스, 프로토콜 스택으로 구성한다.

개발된 WDM 양방향 광 EtherCAT 통신 모듈의 기본적인 사양은 표 1과 같다.

표 1. 양방향 광 EtherCAT 통신 모듈 사양
Table 1. Specification of bi-directional optical EtherCAT communication module

항목	성능사양
통신 방식	양방향 광 이더넷 통신
통신 속도	100Mbps
광 입력 포트 파장	송신 : 1550nm 수신 : 1310nm
광 출력 포트 파장	송신 : 1310nm 수신 : 1550nm
네트워크 방식	광 기반 테이저 체인 방식

개발한 WDM 양방향 광 이더넷 통신 모듈의 경우 자체적인 네트워크 모듈로서도 동작이 가능하지만 추가적인 모듈과 결합되어 연동제어가 가능한 형태로 제작하였다.

개발한 WDM 양방향 광 EtherCAT의 실장된 모듈을 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 보는바와 같이 광 EtherCAT 모듈은 상부 왼쪽의 싱글 코어 양방향 EtherCAT에서 왼쪽은 입력단자를 접속하는 입력부이며 오른쪽은 출력단자를 접속하는 출력부로 구성한다.

2.3 AC 서보 드라이버단

AC 서보 드라이버단은 그림 3과 같이 상부의 전원부, 하부의 제어부로 크게 구성한다. 이들 상부와 하부는 분리되어 있다. 전원부는 AC 입력 장치, PFC 장치, 구동 전력, 디지털 전력, 아날로그 전력, 주전력으로 구성하며 제어부는 AC 서보 드라이버단의 핵심으로서 크게 하드웨어와 소프트웨어로 구성한다. 하드웨어는 마이크로프로세서 또는 DSP로 구성할 수 있으나 본 논문에서는 TI(Texas Instrument)사 제품인 TMS320F28335 DSC 칩을 사용한 DSP로 구성한다. 소프트웨어는 모터를 제어하기 위한 제어 알고리즘, 모션 프로파일, PID 레귤레이터, 제어 루프 사이클로서 구성되어 있다. 본 논문에서는 모션 프로파일로서 Cia402(IEEE16800-7)를 적용하였다. 또한 제어 기법으로는 AC를 DC로 제어하기 쉬운 방법 중의 하나인 자속 기준 제어 방식인 FOC 기반 벡터 제어 기

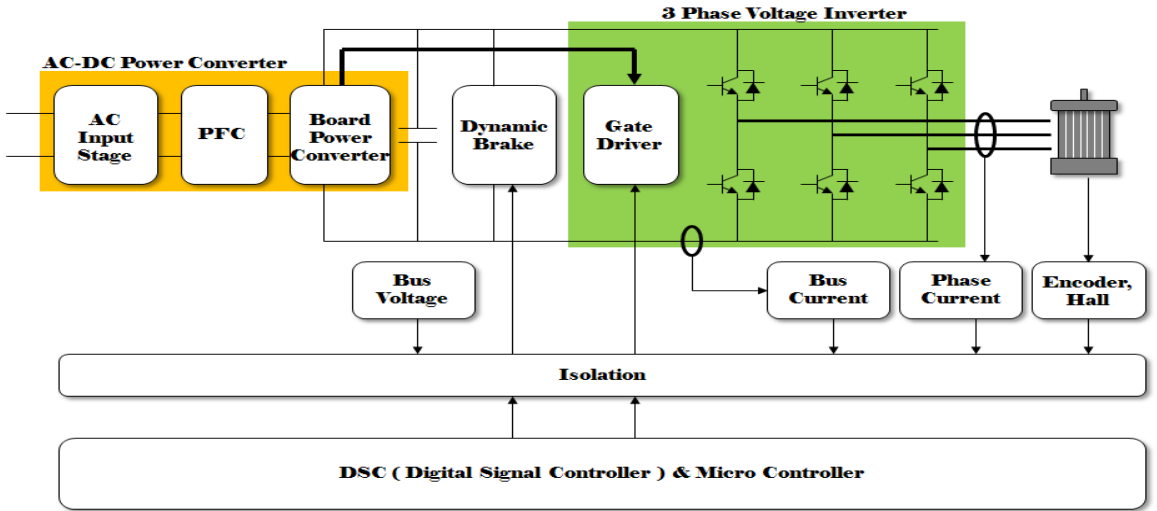


그림 3. AC Servo 드라이버단
Fig. 3 Drive stage of AC servo

법과 TI사의 제어 블록 및 라이브러리를 써서 영구 자석형 동기 모터(PMSM) 제어를 구현하였다. 전류/속도/위치에 대한 제어 루프 사이클은 10kHz(100μs), 1kHz(1ms), 0.1kHz(10ms)로 정하고 이를 구현하였다.

2.4 인버터부

드라이버단과 모터단 사이에 이들을 연결하기 위한 인터페이스 장치의 하나로서 인버터부를 그림 3의 우측과 같이 구성하였으며 이는 주로 인코더, 피드백 센서, 전류/토크의 제어신호를 처리하도록 설계되었다.

2.5 모터 시스템

모터 시스템은 본 논문에서 개발한 SC 서보 드라이버를 이용하여 제어할 대상인 모터로서 영구 자석형 동기 모터(PMSM)로 incremental Encoder(A, /A, B /B, Z, /Z)를 지원하는 삼성 AC 서보 모터를 사용하였다.

제시한 블록 다이어그램이 기반하여 구현하였으며 이를 그림 4에, 그리고 광통신 모듈과 AC 서보 모터 드라이버와 PMSM을 연결한 실험 장치도를 그림 5에 나타내었다.

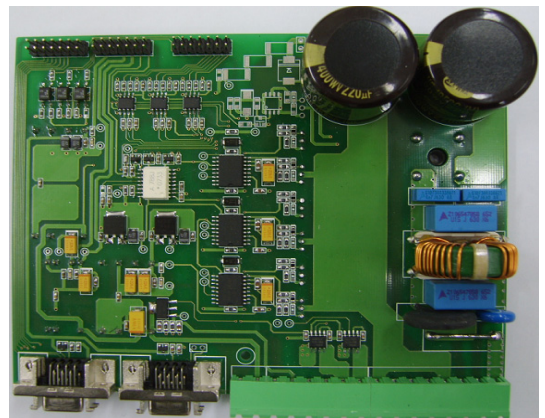


그림 4. AC 서보 모터 드라이버와 광 EtherCAT 통신 모듈을 결합한 하드웨어 구성
Fig. 4 Hardware configuration between AC servo motor drive and optical EtherCAT communication module

III. AC 서보 모터 드라이버 하드웨어 구현

AC 서보 모터 드라이버의 하드웨어는 그림 3에서

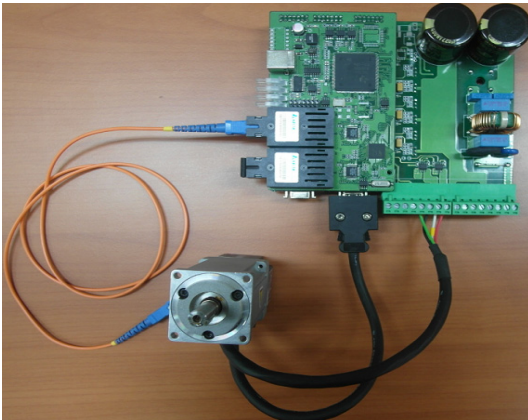


그림 5. PMSM, 광통신, 벡터제어 시스템을 연결한 실험 장치

Fig. 5 Experimental device configuration connected by PMSM, optical communication and vector control system

VI. 결론

본 논문에서는 로봇에 적용하기 위한 다축 AC 서보 드라이버를 제안하고 이를 구현하였다. 구현한 방법은 광 EtherCAT으로 상위 제어단을 구성하고 이를 AC 서보 드라이버단에 연결하여 제어하도록 하였다.

서보 드라이버단에서는 PMSM을 제어하기 위해 벡터 제어 기법을 5단계로 적용할 수 있는 소프트웨어 기술은 현재 개발 중에 있으며, 앞으로 전체적인 시스템의 구성을 통한 AC 서보 드라이버의 제어 성능에 대한 추가적인 연구 및 검증이 과제로 남는다.

참고 문헌

- [1] 이규명, 김용재, “보조극 변화에 따른 전기자 분산 배치 영구 자석성 리니어 동기 모터의 코깅력 저감에 관한 연구”, 한국전자통신학회논문지, 5권, 6호, pp. 613-619, 2010.
- [2] 이호형, 조황, 이기서, “ Sensorless BLDC 전동기 구동을 위한 개선된 스위칭 방법”, 한국전자통신학회논문지, 5권, 2호, pp. 164-170, 2010.
- [3] 전용호, 조황, “ IPMSM 전동기의 비선형 적응 백스텝핑 속도 제어”, 한국전자통신학회논문지, 6권, 6호, pp. 889-895, 2011.
- [4] 문용선, 노상현, 조광훈, 배영철, “ 다수의 모터를 활용한 로봇 관절 구조 설계”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 417-423, 2012.
- [5] 문용선, 이영필, 서동진, 이성호, 배영철, “ EtherCAT을 이용한 소프트 모터 제어기 개발에 관한 연구”, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 17권, 6호, pp. 826-831, 2007.
- [6] 문용선, 이광석, 서동진, 이성호, 배영철, “ 로봇 모듈 구현을 위한 네트워크 기반 모터 제어 드라이버 개발”, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 17권, 7호, pp. 887-892, 2007.
- [7] 문용선, 배영철, 박종규, 노상현, “Ship Area Network(SAN)를 위한 Zigbee 및 광 통신 유무선 통합 모듈 구현”, 한국전자통신학회논문지, 5권, 5호, pp. 428-434, 2010.
- [8] 문용선, 이광석, 서동진, 배영철, “ 광 EtherCAT을 이용한 네트워크 기반 모터 제어기 개발”, 제어·로봇·시스템회 논문지, 14권, 5호, pp. 487-472, 2008.
- [9] Yongseon Moon, Nak Yong Ko, Kwangseok Lee, Youngchul Bae, Jong Kyu park, " Real-time EtherCAT Master Implementation on Xenomai for a Robot System, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 244-248, 2009.
- [10] Rigober Kynast, "SERCOS Interface", SERCOS interface working group, 2000.
- [11] E. S. Son, K. H. Han, K. Kim, and Y. C. Chung, " Bidirectional WDM Passive Optical Network for Simultaneous Transmission of Data and Digital Broadcast Video Service", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 21, No. 8, pp. 1723-1727, 2003.
- [9] Sarry Habiby Telcordia, "WDM LAN Optical Backbone Networks and Standards for Aerospace Application", FiberFest 2009 Symposium, pp. 1-22. 2009.
- [10] EtherCAT Technology Group, "EtherCAT Communication Specification", 2004.
- [11] Beckhoff, "EtherCAT Slave Controller (ESC10/20 Hardware Data Sheet)", 2005.
- [12] TenAsys Corporation "INtime 4.0 Software Manual", 2009.

저자 소개



김용진(Yong-Jin Kim)

1983년 전남대학교 전기공학과 (공학사)

1987년 전남대학교대학원 전기공학과 (공학석사)

2001년 전남대학교대학원 전기공학과(공학박사 수료)

1987년~2012 현재 GS칼텍스

2001년~2002년 6 Sigma Black Belt Project Leader

2005년~2010년 Mega Project 수행

※ 관심분야 : 전력 전자, 모터 제어



배영철(Young-Chul Bae)

1984년 광운대학교 전기공학과 (공학사)

1986년 광운대학교대학원 전기공학과 (공학석사)

1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년~1991년 한국전력공사

1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원

1997년~2006년 여수대학교 전자통신전기공학부 부교수

2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수

2006년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수

2011년~2011년 University of Utah 방문교수

※ 관심분야 : Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.



김광현(Kwang-Heon Kim)

1983년 전남대학교 전기공학과 (공학사)

1986년 서울대학교대학원 전기공학과 (공학석사)

1992년 서울대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1992년~1994년 전남대학교 전기공학과 전임강사

1994년~1998년 전남대학교 전기공학과 조교수

1998년~2003년 전남대학교 전기공학과 부교수

1999년~현재 전남대학교 광응용기술연구소 운영위원

2000년~2003년 전남대학교 광기술인력교육센터 소장

2004년~현재 전남대학교 전기공학과 교수

※ 관심분야 : 전력전자 응용, 전기기기 시스템