

모바일 로봇을 위한 임베디드 서보 시스템 구현

*이영석, *이상희, *김원배, **이승호, **김수호
*고등기술연구원, **대우조선해양

Development of Embedded Servo System for The Mobile Robot

Young-Seok Lee, Sang-Hoey Lee, Won-Bae Kim, Seung-Ho Lee, Soo-Ho Kim
Institute for Advanced Engineering, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering

Abstract - Most industrial robot have not load control box because of robot's weight and volume. A robot is connected to its control box by cables, and then there are a lot of problem for transfer, management and operation of robot. Now a day, A lot of control module are made small size by development of electronics part technology and control technology and they are developing as embedded and loading system. For that, control module and its servo system for a mobile robot is developed. they are small size in comparison with conventional products.

상위 제어기와 통신은 이더넷과 USB의 Hybrid 통신을 할 수 있다. 통신 방식은 제어하므로 독립형 구동도 가능하다. 모터 드라이브 모듈은 위치 제어를 지원하며 엔코더 분해능까지 정밀 제어 된다. 구조적으로는 보드를 바로 케이스에 부착할 수 있도록 설계하여 케이스를 이용하여 방열을 하므로 별도의 방열판을 없애 부피를 줄였다. 또한 서보 드라이브 모듈과 모션 제어 모듈을 소형으로 제작하여 탑재가 가능하도록 하였다.

1. 서 론

최근 전 세계적으로 많은 자동화 시스템이 소형화, 임베디드화 되고 있다. 로봇 분야도 예외가 아니다. 머니플레이트 로봇은 표준화와 기술이 급진전 되어서 산업현장에 많이 사용되고 있다. 또한 좀 더 쾌적한 생활을 추구하고 3D 업종을 기피함에 따라 인간을 대신할 수 있는 로봇의 필요성은 커졌으며 작업환경이 열악하여 인간이 작업하기에 적합하지 않은 경우 로봇을 사용한 생산라인의 무인 자동화가 요구된다.

필드 로봇용 대표적인 액츄에이터가 모터이다. 현재 모터는 필드에서 이동하는 로봇에 설치되므로 소형, 경량, 고출력, 고효율이 요구되며, 필드의 환경에 적합하도록 온도, 습도, 염분, 진동, 분진, EMI 등에 대한 고려가 필수적이다. 또한 고정도, 고성능의 필드용 로봇용 소형, 고출력의 대표적 모터가 AC 서보 모터이다. AC 서보모터는 내환경성과, 소형, 고출력, 정밀도를 만족하나 구동 드라이버 부분이 복잡하여 소형화 및 탑재가 어려웠다.

기존의 많은 산업용 로봇은 제어기의 복잡성, 모터의 정밀제어로 인한 각종 장치 중량과 부피의 증가로 인해 제어기를 로봇에 탑재하지 않고 케이블로 로봇과 제어기를 연결 케이블로 인한 여러 가지 문제점이 발생하였다.

첫째, 케이블의 무게 증가로 인한 장거리 이동의 불가 및 케이블 손상 확률 증가 및 로봇의 보관 이동의 문제점이다.

둘째, 대부분의 제어기 보드 모듈이 상용 모듈의 사용으로 인해 시스템에 최적화되어 있지 않고 범용으로 제작되어서 기구적으로 여러 모듈을 결합함에 있어 커넥터 위치 종류가 달라서 유기적으로 원활히 잘 되지 않았으며, 열 방출에 있어서도 좁은 공간에 설치하기에는 기구부와 맞지 않는 문제점을 가지고 있었다.

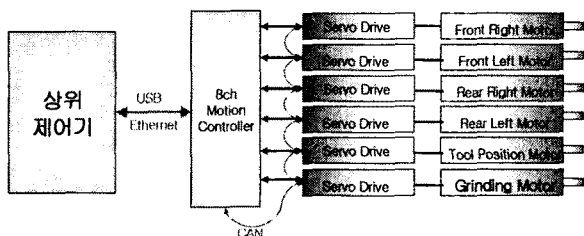
본 연구에서는 로봇의 서보 제어기를 임베디드 모바일 로봇의 제어에 알맞도록 탑재가 가능하도록 서보 파워 드라이브 모듈과 모션 드라이버 모듈을 소형으로 설계 개발하였다.

2. 본 론

2.1 시스템의 전체 구성

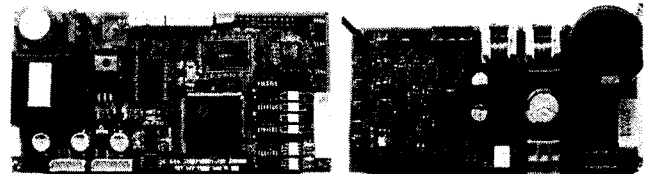
시스템은 크게 AC 서보 모터 드라이브 모듈과 로봇의 주행과 머니플레이트 모션 제어를 위한 모션 제어 모듈로 나뉜다.

로봇에 탑재해야 하는 문제로 인해 모터 드라이브 모듈과 모션 제어 모듈의 연결은 기존 상용 서보 팩에서 사용하는 라인 드라이버 방식(±CW, ±CCW)은 그대로 사용하고 기타 접점 중 기본적인 접점신호를 제외하고는 통신방식(CAN)으로 대체하여 배선을 줄여 배선으로 인한 문제점을 줄이고, 배선 작업을 간소화 하였다. 그리고 상위 제어기와 연결은 통신으로 하여 간단한 프로토콜로 제어 되도록 하였다.



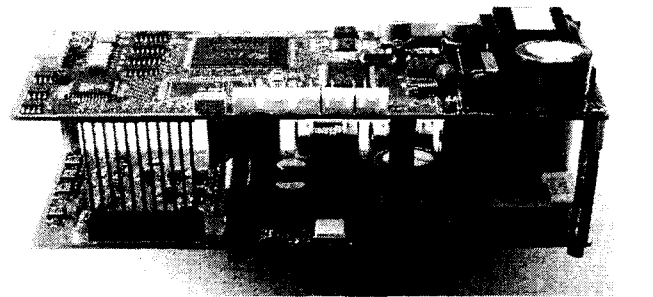
<그림 1> System Block Diagram

2.2 AC 서보 모터 드라이브 모듈



<그림 2> Digital Module

<그림 3> Power Module

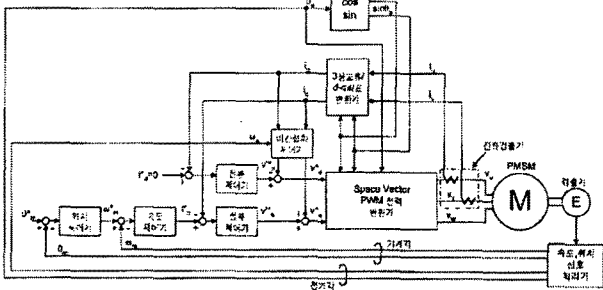


<그림 4> 조립된 서보 드라이버 보드

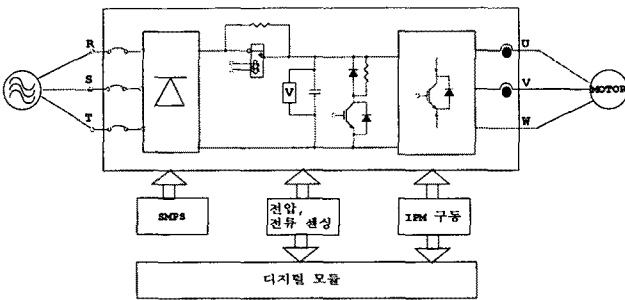
AC 서보 드라이버는 영구 자석형 동기 전동기(PMSM) 구동을 위해 설계하였다. 크게 디지털 모듈과 파워 모듈로 나뉜다.

실제 제작 조립된 보드는 그림4와 같고 크기는 140x70x50 mm 이다. 디지털 모듈은 상위 모션 제어기 모듈에서 내린 pulse 신호를 기준으로 PMSM의 각종 상수값과 엔코더 되먹임값과 전류 되먹임값을 가지고 PI 제어를 한다. 제어 알고리즘은 그림 5와 같이 크게, 전류제어기, 속도 제어기, 외란 관측기, 위치제어기로 구성된다. 전류 제어기는 PI 제어기, M-method와 저역필터를 사용한 속도검출, 검출된 3상 전류의 d-method와, 역기전력에 대한 비간섭 보상, 공간벡터 PWM 발생기로 구성되며, 속도제어는 PI제어기와 위상지연보상기로, 위치제어는 P제어기와 Lead-Lag보상기로 구성한다[1]. 3상 AC 서보 모터의 제어 특성과 제어 방식을 구현하는데 있어 d-q 모델링으로 토크를 제어하였고[4], 3상 시스템에서 전압,전류 자속 등의 변수를 다룸에 공간벡터로 표현할 수 있고 공간 벡터 PWM을 이용하면 삼각파 비교 PWM에 비해 선형제어 범위를 1.15배 증가시킬 수 있어 과도상태에서의 응답속도를 빠르게 할 수 있으며 3상 전류의 왜곡을 최소화 하고 정밀한 제어를 할 수 있다[5]. 제어 알고리즘을 처리하는 메인 프로세서로는 최신 모터제어용 DSP인 TMS320F2812를 이용하였다. TMS320F2812는 150MHz 32bit 정수형 연산과, 모터 제어에 필요한 여러 채널의 PWM 발생 회로 및 Encoder 입력인 QEP (Quadrature Encoder Pulse)단자를 가진 EV module과 12.5[MSPS]의 12bit ADC module을 탑재하고 있다[2]. PMSM 서보 모터에 사용된 엔코더는 타마카와사의 TS5668N20을 사용하였다. 엔코더는 A,B,Z,U,V,W 상이 나오는 표준형이 아닌 최근 개발된 프로토타입이며 모터 축 1회전시 2048의 4채배인 8192 펄스가 출력된다.[3] 하나의 프로세서로 엔코더 신호 수신, 프로토콜 분석하기에는 무리가 있어 전용 수신칩인 AU5561N을 사용하였다. 프로토콜 타입을 사용함으로써 모터 하나당 4개의 신호선으로 배선량을 줄이고자 하였다. 모터의 토크 모니터링 값과 같은 상태값과 에러값을 CAN 통신을 통해 모션 제어 모듈로 전달할 수 있다. CAN 통신을 사용하므로 각 모터 드라이브 모듈에는 각 ID를 설정할 수 있

도록 하여 모션 제어 모듈에서 어떤 파워 모듈이 문제가 있는지 알 수 있다. 파워 모듈은 전체적인 구성은 그림6과 같다. 모터 구동용 파워모듈은 입력전원을 통해 공급된 전기 에너지를 전력을 반도체 스위치의 적절한 제어어를 통해 그 양을 조절하여 부하로 공급하는 기능을 한다. 이를 위해 3상 교류를 입력전원으로 사용하며 디지털 모듈로부터 펄스폭변조(PWM) 제어 신호를 받아 필요한 전력을 부하로 공급한다. 파워 모듈은 DC-Link, 전력용 반도체 스위치, 스위치 구동회로, 전압, 전류 센서 회로, 보호회로, 그리고 전원회로(SMPS) 등으로 구성되어 있다. 스위치 제어신호는 디지털보드를 통해서 공급되며 보드 내의 구동회로를 통해 각 반도체 스위치를 구동하게 된다.

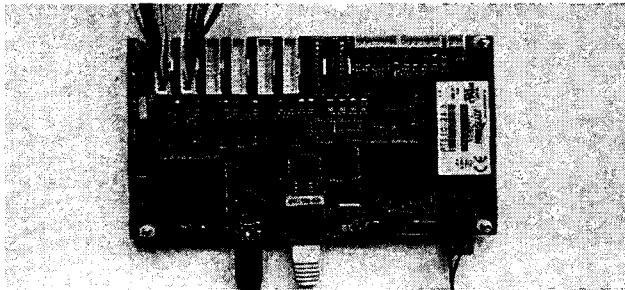


〈그림 5〉 PMSM 모터 제어기의 전체 구성도

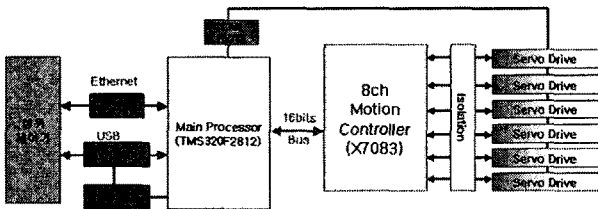


〈그림 6〉 파워보드 기본 구성도

2.3 모션 제어 모듈



〈그림 7〉 조립된 모션 제어 모듈



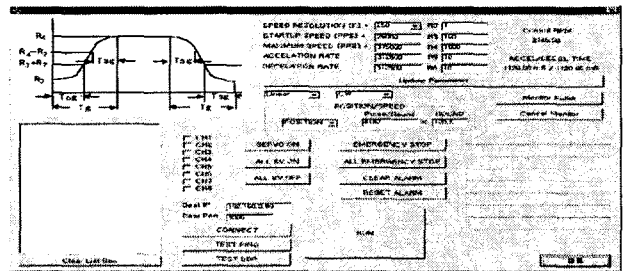
〈그림 8〉 모션 보드 전체 블록도

제작 조립된 모션 제어 보드는 그림7과 같으며 크기는 150x100x10mm이다. 모션 제어 모듈의 전체 블록도가 그림8과 같으며 주 프로세서로는 TMS320F2812와 모션 칩셋으로는 X7083을 사용하였다. 주 프로세서의 16bits 버스에 8ch 모션 제어칩과 USB 2.0 칩셋이 interface 되어 있다. 이더넷을 구현하기 위해 여러 칩셋이 있었으나 가장 크기가 작고 표준 SPI 통신을 사용하는 마이크로칩사의 ENC28J60을 사용하였다. 표준 SPI 통신을 사용하므로 전원을 포함하여 6선만 연결하면 되어 보드를 적게 만들 수 있었다. 내부에 MAC controller와 Physical Layer 만 있으므로 소프트웨어로 이더넷을 구현하였다. 현재 사용하고 있는 이더넷 프로토콜은 연결성을 알아보기 위한 Ping과 데이터의 송수신을 위한 UDP로 구현되어 있다.

UDP를 사용한 이유는 아주 적은 2Kbyte 정도의 메모리로 구현할 수 있어 TMS320F2812에 외부 메모리를 따로 인터페이스 할 필요가 없을 뿐 아니라, 응답성이 TCP에 비해 빠르기 때문이다. USB는 2.0을 사용하여 충분한 데이터 밴드폭을 확보하였다. CY7C68013은 내부에 8051 core가 내장되어 있으므로 주프로세서에서는 단순히 프로토콜에 해당하는 데이터만 USB 칩셋으로 내려주면 된다. 일반적으로 프로세서가 두개일때는 중간에 Dual Port RAM을 두어 데이터를 공유하는 것이 일반적이거나 사용한 USB 칩셋은 Slave FIFO Mode라는 기능이 있어 USB 칩셋 내부의 FIFO memory를 사용하므로 고가의 DPRAM이 필요가 없어서 경제적이다.

모션제어를 하기 위해 메인 프로세서로 8채널을 처리하기에는 무리가 있어, 전용 칩셋인 X7083을 사용하였다. X7083은 최근에 출시된 칩셋으로, 하나의 칩으로 8채널까지 지원하여 보드 공간과 채널당 다른 칩셋에 비하여 경제적이다. 이 칩셋은 S자 가감속, 선형 가감속, 24bits 8개의 카운터를 이용하여 독립적으로 운용이 가능하다. X7083에서 입력되는 신호는 Line Driver 칩셋과 Photo Coupler를 통해 절연되어 외부로 연결되며 상용 서보팩도 사용이 가능하다.

USB와 Ethernet의 Hybrid 통신을 지원 할 뿐만 아니라 CAN을 통하여 8개의 서보 드라이버 모듈의 각종 상태값과 제어값 등을 입출력 할 수 있다. 기존의 일반 상용 서보팩이 50핀인데 제작한 서보팩과 모션 보드는 10핀과 CAN 통신으로 각종 값을 입출력 할 수 있다. 또 다른 특성으로는 모션 제어 모듈은 차 후 프로토콜 변경이나 프로그램 오류 발생시 이더넷을 통해 펌웨어 업그레이드가 가능하다.



〈그림 9〉 모션제어 모듈 검사 프로그램

3. 결 론

본 논문에서는 최근에 출시된 모터 제어용 고성능 저 전력 프로세서를 이용하여 산업용 모바일 로봇용으로 서보 드라이브 모듈과 모션 제어 모듈을 제작하였다. 탑재가 가능하도록 모션 제어 모듈은 최대한 소형으로 제작하였고, 서보 드라이버 모듈은 소형화와 배선을 적게 하도록 하였으며 제어기 박스에 부착하여 방열하는 구조로 제작하였다. 이 시스템에 3상 전원과 통신선, 24V DC전원만 공급하면 모터를 8개까지 정밀하게 제어 할 수 있다. 그러나 지금은 처음 제작한 것이라 부품을 좀 더 공간 효율적으로 배치하고 디버깅을 위한 여러 소자를 제거하면 좀 더 작게 제작이 가능할 것으로 판단된다. 또한 응답을 빨리 요구하지 않는 몇 개의 신호를 통신으로 대체한다면 배선이 더 줄어 공간 효율이 더 좋아질 것이다. 현재 제작한 보드로 탑재가 가능하나, 공간과 방열을 더 효율적으로 하기 위해서는 서보 드라이브 보드를 로봇의 모터 가까이 각각 분리하여 부착할 수 있는 구조로 하며 모션 제어와 서보제어를 하나의 보드로 제작하여 통신으로 제어하도록 해야 할 것이다.

본 연구는 산자부 지역 산업 기술 개발 사업의 “고소 작업용 로봇 플랫폼 및 제어시스템 개발” 과제에서 연구비가 지원되어 수행되었음

〔참 고 문 헌〕

[1] 심정욱 외, “차세대 Controller 핵심기술개발”, IAE technical Memo, 199 9.01 , pp.5-14, 1999
 [2] Texas Instruments, “TMS320F2812 Digital Signal Processor” data manual, pp.13, April 2001
 [3] Tamakawa Seiki, “TBL-i II series”, data manual, pp 15, February 20 02
 [4] 최치영, “고성능 DSP기반의 FA용 AC소모 시스템에 관한 연구”, 조형 전기설비학회, 제18권 제1호,PP 67-78 , 2004
 [5] Marian P.Kazmierkowski, Luigi Malesani, “Current Control Techniques for Three-Phase Voltage-Source PWM Converter: A Survey”, IEEE Trans. on electronics vol..45.no, pp.691-702, OCTOBER 1998