

산업용 이더넷 네트워크 기반 BLDC 모터 제어

BLDC Motor Control based on Ethernet Network for Industrial

분봉선*,이영필**,서농진**,김은수***,배영철****

*순천대학교 정보통신공학공학부, **레드원테크놀로지(주)부설로봇연구소

과학기술정보연구원, *전남대학교 전기.전자통신.컴퓨터공학부

Yongsun Moon*,Young-Pil**, Dong Jin Seo**,Eunju Kim***, YoungChul Bae****

* Sunchon National University, **Robot Institute of REDONE Technology

KISTI, *Chonnam National University E-mail : ycabe@chonnam.ac.kr

요 약

본 논문에서는 미래형 로봇의 발전방향인 “네트워크화”, “모듈화”의 개념을 만족할 수 있는 산업용 이더넷 기반의 BLDC 모터 제어 기법을 제시하고 그 가능성을 확인하였다.

1. 서론

최근에 서비스 로봇이 국내외적으로 관심을 받고 있다. 서비스 로봇은 인간의 생활을 편리하게 해준다는 의미에서 미래에는 1가정 1 로봇 시대가 올 것이라고 예측하는 학자들도 많이 있다. 로봇 산업이 발전함에 따라 로봇의 요소 구성 중 하나인 로봇의 제어에 관심이 커지고 있다. 특별히 로봇에는 많은 BLDC 모터가 필요하며 이들의 원활한 제어는 로봇이 인간과 더불어 생활하는데 유연성을 제공할 것으로 보인다. 로봇에 포함되어 있는 BLDC 모터를 네트워크 기반으로 제어하고자 하는 노력을 계속하고 있으나[1-2] 사람과 같이 동작하기에는 많은 시간이 필요할 것으로 보인다.

본 논문에서는 미래형 로봇의 발전방향인 “네트워크화”, “모듈화”의 개념을 만족할 수 있는 산업용 이더넷 기반의 BLDC 모터에서 네트워크를 이용한 PID의 속도 및 위치 제어 기법을 제시하고 그 결과를 확인하였다.

2. 시스템 설계 및 구현

2.1 소프트모터 제어 시스템 구조

EtherCAT 네트워크 기반의 소프트 모터제어기의 개발을 위하여 BLDC(Brushless Direct Current) 모터를 사용하였다. BLDC 모터는 속도 특성이 우수하여 속도제어 응용에 주로 사용되는 모터로서 비교적 구현이 간단하여 소프트 모터제어기 및 제어시스템의 성능을 평가하기 위한 적절한 모터로서 평가된다. 그림 1은 본 논문을 통하여 구현될 BLDC 모터의 위치 및 속도제어를 위한 소프트 PID 모터제어기의 구조를 나타낸다.

그림 1과 같이 상위 제어기 단에 구현되는 소프트 모터제어기에는 BLDC 모터의 위치를 제어하기 위한 경사제어기 및 5ms의 사이클 주기를 가지는 위치 PID 제어기가 구현된다. 그리고 BLDC 모터의 속도제어를 위하여 위치제어기 출력 단에 1ms의 사이클 주기를 가지는 속도 PID 제어기를 설계하였다. 그림 1의 제어 구조에서 위치제어와 속도제어는 독립적으로 동작이 가능하며, 위치 및 속도제어 루프가 동시에 가동되는 캐스케이드 형태의 위치, 속도제어도 가능하게 설계하였다.

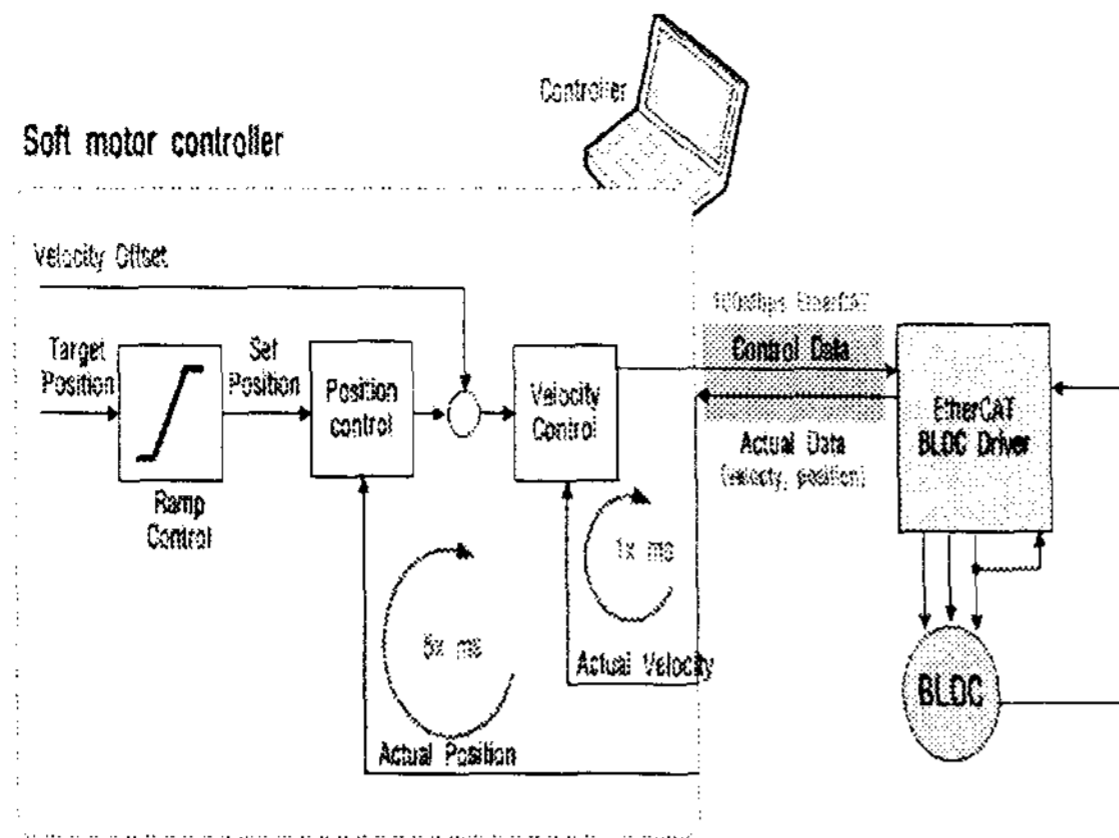


그림 1. BLDC 모터 위치, 속도 소프트 PID 제어기 루프 구조

2.2 PID 제어기 설계

EtherCAT 기반의 소프트 모터제어 시스템에서 사용된 제어기는 모터 제어에 있어 가장 일반적으로 사용되는 디지털 PID 제어기를 사용하였다. 그리고 적분기의 와인드업(Windup) 현상을 방지하기 위하여 제한기를 설정하였으며 제한기 입력과 출력의 차이를 안티와인드업 이득 통하여 적분기에 연결하는 구조를 사용하였다.

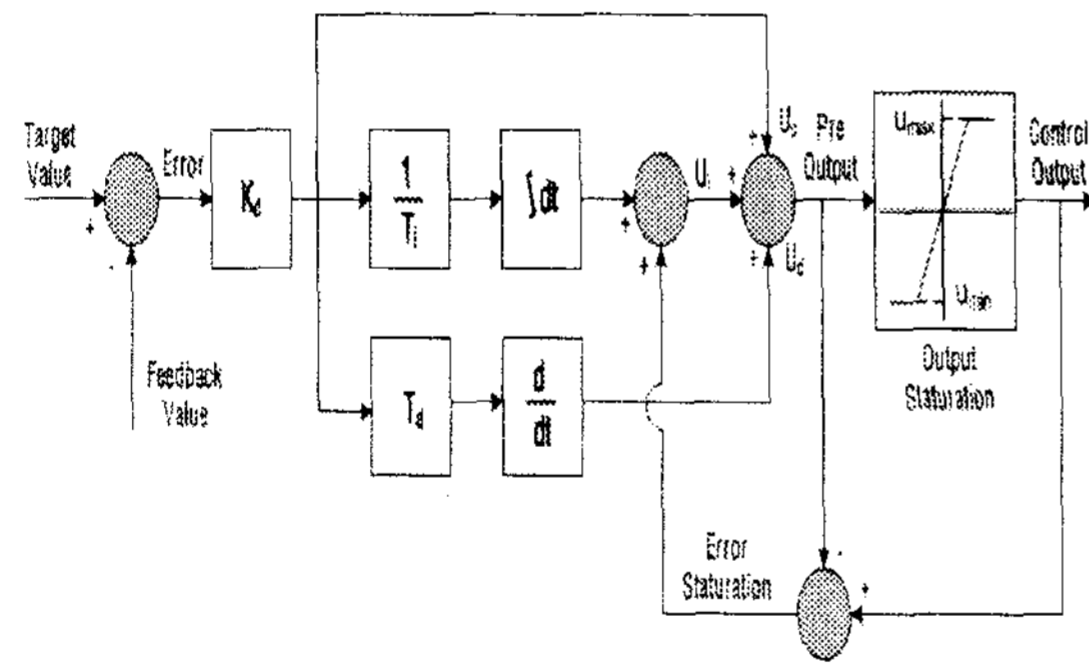


그림 2. Anti-windup를 가지는 PID 제어기 블록 구조

3. 실험 및 고찰

네트워크 기반 소프트 모터제어의 성능을 평가하기 위하여 BLDC 모터의 위치 및 속도 응답에 대한 실험을 실시해 보았다. 실험을 위한 기본적인 시스템의 구성 및 사양은 표 1과 같다.

표 1. 실험 시스템 구성 및 사양

Item	Specification
PC based Controller	-Pentium 3 Notebook with Soft-Motor Controller - Potion PID Controller with

	Anti-windup - Velocity PID Controller with Anti-windup
Motion Network	Netowrk : Real-time EtherCAT - Transmission Rate : 100Mbps - Cycle Time : 50us
Motor	BLDC Motor - Max. Speed : 3000rpm - Rated Power : 60W - Pole pairs : 4 pole
Networked Motor Driver	1. Input voltate : 24VDC 2. Rated Output Current : 3Arms 3. Peak Output Current : 4Arms 4. Speed Control Range : 100~3000 rpm 6. Operating Method : 3-Phase PWM

3.1 속도 제어 응답 실험

속도 제어 응답 테스트에서는 소프트 모터제어 기법을 통한 BLDC 모터의 속도 응답성능을 시험하였으며 1000 rpm 속도 지령에 대한 PID 제어 사이클 1ms 에 대한 속도 제어 응답을 그림 3에 나타내었다.

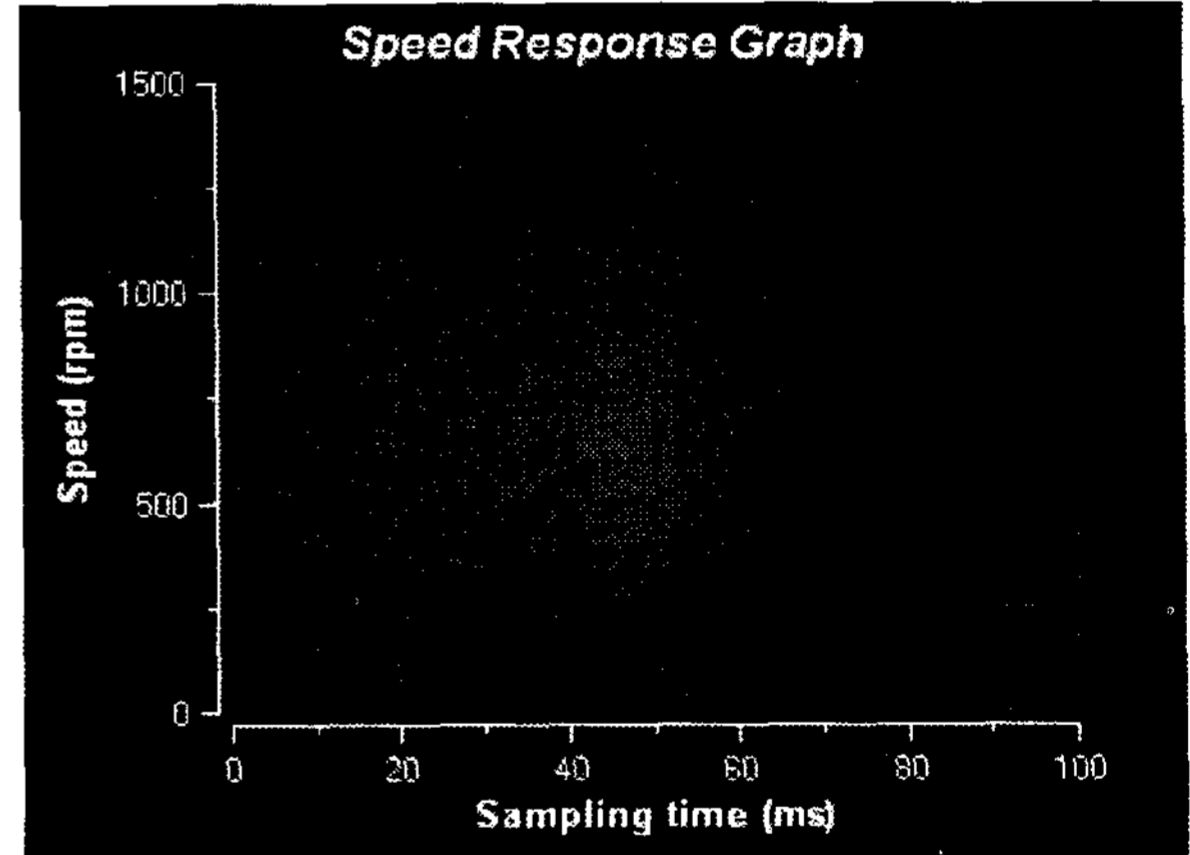


그림 3. 1000rpm 속도제어 지령에 대한 속도 응답 출력 파형

3.2 위치 제어 응답 실험

BLDC 모터의 위치제어는 별도의 위치센서 사용하지 않고 BLDC 모터에서 출력되는 홀(Hall) 출력을 기반으로 위치 홀 카운트 수를 제어하는 방식으로 수행하였다. 그리고 선형적인 위치제어를 위하여 경사함수(Ramp Function)를 이용한 치 경사제어의 형태로 위치제어를 수행하였다. 그림 4의 출력 파형은 1000 카운트의 위치 명령을 출력하였을 경우 위치 및 속도 응답 파형을 나타낸다.

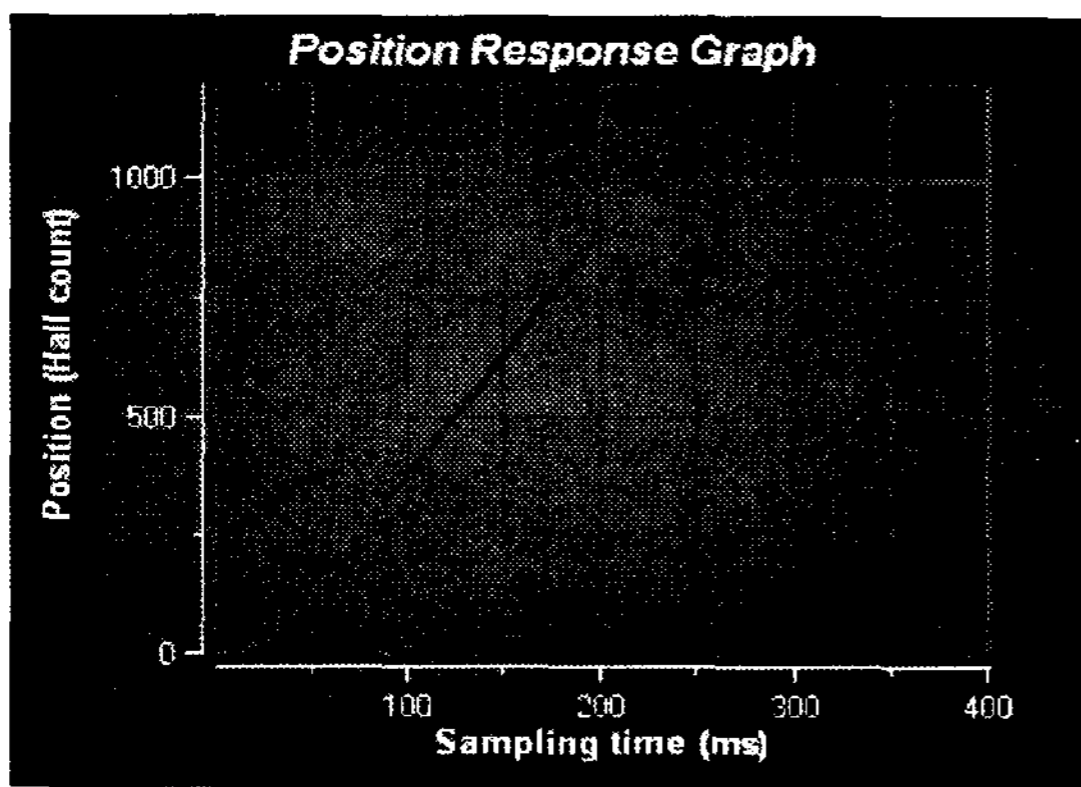


그림 4. 1000 카운트 위치 지령에 대한 위치 응답 출력 파형

그림 3~4의 위치 경사제어의 출력을 통하여 알 수 있듯이 초기 가속 구간을 제외하고는 선형적인 위치제어가 이루어졌다. 위치제어의 응답 시간의 경우에는 경사함수를 기울기를 조정하여 향상 시킬 수 있다. 속도 응답 파형에서 초기 가속구간과 최종 감속 구간 끝에서의 급격한 가/감속은 현재 사용 중인 BLDC 모터가 100 rpm(속도범위 100~3000rpm) 이하의 구간에서는 토크 부족으로 인하여 원활한 제어가 이루어지지 못한 것이므로 저속 특성이 우수한 모터를 사용할 경우 이와 같은 문제점은 해결할 수 있다.

3. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 미래형 로봇의 발전방향인 “네트워크화”, “모듈화”의 개념을 만족할 수 있는 산업용 이더넷 기반의 BLDC 모터에서 네트워크를 이용한 PID의 속도 및 위치 제어 기법을 제시하고 그 결과를 확인하였다. 위치 경사제어의 출력을 통하여 본 위치 제어의 결과 초기 가속 구간을 제외하고는 선형적인 위치제어가 이루어짐을 확인하여 만족할 만한 결과를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 08-기반-12, 정보통신연구기반조성사업에 의해 지원받았음

참고문헌

- [1] 문용선, 이광석, 서동진, 이성호, 배영철, “ 모듈 로봇 구현을 위한 모터 제어 드라이버 개발” 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 17권 7호, pp. 887-892, 2007.
- [2] 문용선, 이영필, 서동진, 이성호, 배영철, “ EtherCAT 을 이용한 소프트 모터 제어기 개발에 관한 연구” 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 17권 6호, pp.

826-831.5.

- [3] Moon Y, Lee K, Yun C.H, Jung T.U, Ko N.Y, Bae. Y.C, : The design of humanoid robot arm based on morphological and neurological analysis of human arm”, Proceedings of the 2007 IEEE ICMA, pp. 1172-1177, Aug. 5-8, 2007, Harbin, China.
- [4] Nak Yong Ko, Dong Jin Seo, and Gwang Jin Kim, Yongseon Moon, Youngchul Bae, Sang-Moo Lee, “ Simulator Implementing Uncertainties in Motion for Robots in a Network”, Proceedings of the 2007 IEEE ICMA, pp. 1172-1177, Aug. 5-8, 2007, Harbin, China.
- [5] 최형운, 배영철, 문용선, “ 인간팔의 형태학적 신경학적 분석 기법에 기반한 휴머노이드 로봇 팔 설계”, 제어자동화시스템공학논문지, 13권 6호, pp. 555-559, 2007.
- [6] 배영철, 최형운, 문용선, “ 인간의 신경학적 형태학적 모델에 기반한 로봇 팔 설계 기법”, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 17권 8호, pp. 500-505, 2007.
- [7] Beckhoff GmbH, “EtherCAT Communication Specification version 1.0” EtherCAT Technology Group, pp.62-63, 2004.
- [8] Texas Instruments, “Implementation of a Speed Field Oriented Control of 3 phase PMSM Motor using TMS320F240”, Reference guide, 2002