

## AGV용 BLDC Motor Drive 개발에 대한 연구

김대엽\*, 윤현수\*, 송준일\*, 이재우\*, 박태준\*  
한국폴리텍대학 구미캠퍼스\*

### A Study on the Design of BLDC Motor Drive for AGV System

Daeyeop Kim\*, Hyunsoo Yoon\*, Joonil Song\*, Jaehoo Lee\*, Taejoon Park\*  
Gumi Campus of Korea Polytechnic\*

#### 요 약

4차 산업환경에서 스마트 팩토리는 자동 자재 관리 시스템(Automated Material Handling System, AMHS)의 사용이 증가되고 있으며, 이로 인한 자재 관리의 효율성이 중요시되고 있다. 자동 무인 운반차(Automated Guided Vehicle, AGV)는 이러한 분야에 활용성이 높기 때문에 많은 연구와 발전이 이루어지고 있다[1].

기존의 AGV System에 대한 연구들은 운영 방식 그리고 경로 유도 방식에 대한 연구가 집중되고 있어서, 실질적인 산업현장에서 요구하는 가격 절감에 대한 연구가 부족한 상황이다[2]. 따라서 본 논문에서는 AGV를 구동시키기 위해서 2개의 BLDC Motor를 하나의 DSP로 구현하는, 새로운 형태의 BLDC Motor 구동방식을 제안하고 실험으로 확인하였다.

#### 1. 서론

물류센터들의 자동화 설비 확충 진행으로 인해 스마트팩토리 시장이 확대되고 있다. 스마트팩토리 공장에 가장 많이 도입되는 장비는 무인운반 로봇인 AGV 이다[3]. AGV의 국내시장규모는 17년도에 66.7, 18년도에는 72.7, 19년도에는 78.8 백만달러의 규모이고 연평균 5.92%의 상승률을 보인다. 향후 23년 25년에는 87.6, 102.4 백만달러로 시장규모는 점차 확대될 전망이다.

대부분의 산업현장에서 사용되는 AGV의 종류로는 자율주행형과 마그네틱 가이드 센서 기반형이 있으며, 운반 형태에 따라 운반물을 적재하여 운반하는 형태와 견인하는 형태로 구분되어지고 있다.

한편으로는 모터 구동과 제어방식에 따라 위치센서 기반의 구동방식과 위치 센서리스방식 나누어지며, 가격과 안정성 측면을 고려하여 간단한 구조의 홀센서형 BLDC Motor를 적용한 드라이브를 많이 사용하고 있다[4].

또한 AGV는 마그네틱 테이프를 부착된 공장 노면을 주행하면서 자세 제어/속도 제어를 하며, 또한 AGV의 조향 시스템을 위하여 2개의 구동 드라이브를 적용하여 전동기의 속도 차이를 이용하게 된다. 일반적으로 하나의 구동

모터를 제어하기 위해서 6개의 PWM 단자, 위치 측정을 위한 6개의 GPIO, 그리고 전류/전류 측정을 위해 3개의 ADC 단자를 필요하게 된다. 그리고 한 대의 AGV에서 2개의 구동모터가 적용되므로, 2개의 구동 모터를 위해서는 최소한 12개의 PWM 단자, 12개의 위치 측정을 위한 GPIO 그리고 6개의 ADC 단자가 필요하게 된다.

본 논문에서는 저가형 드라이브 구성을 위해서 하나의 프로세서를 적용하여 2개의 BLDC Motor 구동 드라이브를 구성하였고, 입출력 단자를 줄일 수 있는 새로운 PWM 형태를 제안하여, 시스템에 적용하여 검증하였다.

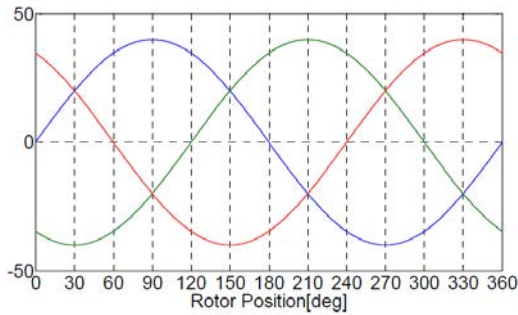
#### 2. 본론

##### 2.1 BLDC Motor

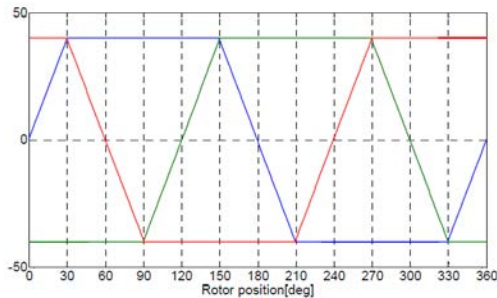
영구자석형 전동기는 일반적으로 역기전력의 모양에 따라서 그림 1과 같이 역기전력의 모양이 사인파에 가까운 PMSM(PM synchronous motor)과 역기전력의 모양이 구형파에 가까운 BLDC Motor(Brushless dc motor)로 구분한다[5].

그림 2는 BLDC Motor의 구조 및 위치센서에 따른 구동 신호를 나타내고 있다. BLDC Motor의 구동 전류는 역기전력과 같은 형태의 파형을 주기 위해서 아래의 형태와 같이

180[deg] 여자 방식으로 제어를 진행하게 된다.



(a) PMSM의 역기전력



(b) BLDC Motor의 역기전력

<그림 1> PM 전동기 구분

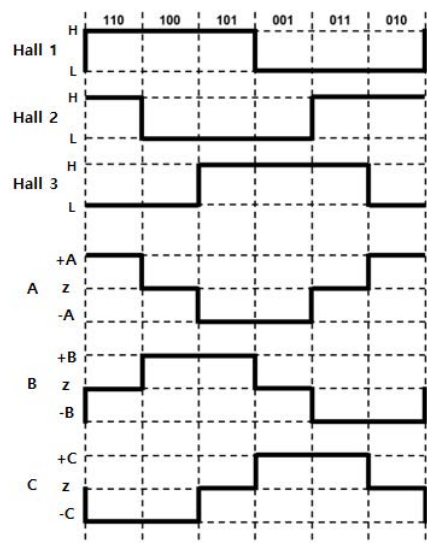
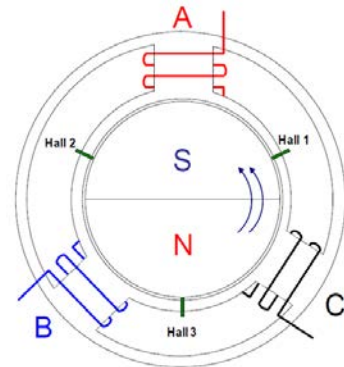
<표1>모터 특성 비교

	BLDC Motor	PMSM
역기전력 형태	근사 사다리꼴	정현파
고정자 권선	집중권	분포권
고정자 전류	준구형파	정현파
제어방식	60[deg]구간마다 홀센서로 제어	벡터제어로 토크 제어, 고가의 정밀 센서 필요
토크특성	상전류 전환 시 토크 리플 발생	작은 토크 리플
시스템 가격	저가	고가
용도	고토크, 고속도 제어	고효율, 정밀 서보

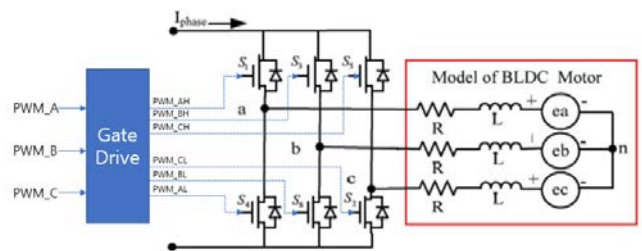
## 2.2 제안 시스템 및 알고리즘

그림 3은 제안된 BLDC Motor 드라이브 시스템을 나타내고 있으며, PWM단자는 3개를 사용해서 180[deg] 도통 방식을 구현하게 된다. 실제 BLDC Motor에 인가되는 구동 전압은 그림 4와 같이 Hall sensor의 신호에 따라서 전압을 인가하게 되며, Commutation Point 0 ~ 6의 형태로 전압이 인가되게 된다. 이러한 Commutation Point는 적절한 전압 벡터의 합으로 구현이 가능하게 되며, PWM 포트 3개를 사용해서 구현이 가능하게 된다.

그림5는 구동 드라이브 시스템의 소프트웨어 플로차트를 나타내었으며, 외부 상위제어기의 구동 명령에 의해서 Ready, Align, Run, Fault등의 모드로 구성되어 있다.



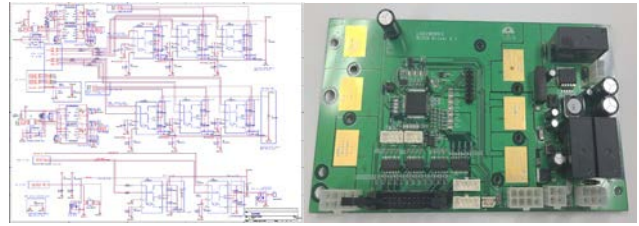
<그림 2> BLDC Motor 구조 및 구동신호



<그림 3> 제안된 BLDC Motor 드라이브

그림 6은 제안된 드라이브 보드를 나타내고 있으며, DSP는 TI사의 TMS320F28305를 적용하였으며, 전력소자는 Infineon사의 BTN8982TA를 적용하였다. 상위제어기와와의 통신을 위하여 CAN통신과 하드와이어를 통한 직접통신을 구현하였다. 시스템의 안정성을 위하여 전력소자의 과전류, 온도, DC Link단의 전압을 검출하였다.

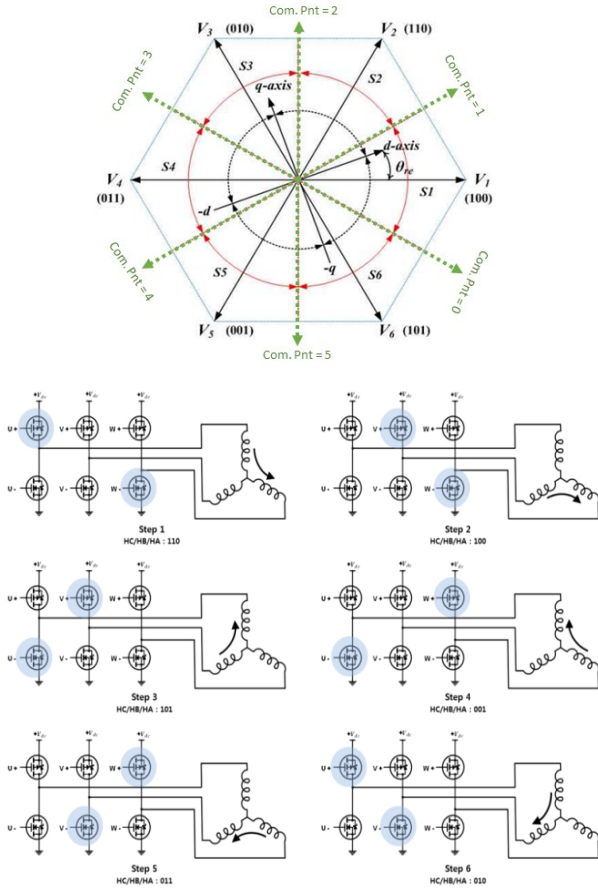
그림 7은 제안된 BLDC Motor Drive를 적용한 AGV 시스템의 사례를 보여주고 있으며, 제안된 방식의 PWM을 통하여서도 잘 구동하고 있음을 확인하였다.



<그림 6> BLDC Motor 드라이브 보드

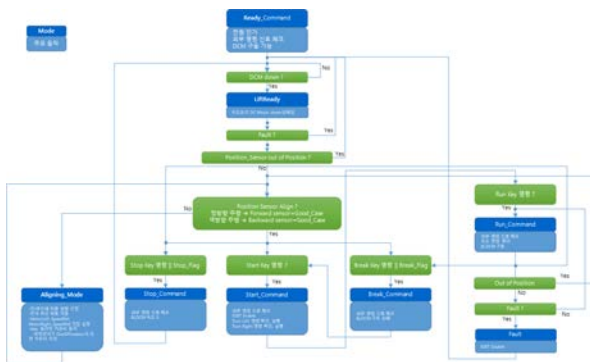


<그림 7> 실제 AGV적용 사례



Hall	1	2	3	ComPoint	Vector
	1	0	1	3	V4 V3
	0	0	1	4	V4 V5
	0	1	1	5	V5 V6
	0	1	0	0	V6 V1
	1	1	0	1	V1 V2
	1	0	0	2	V2 V3

<그림 4> Hall sensor 신호와 전압벡터



<그림 5> 구동 프로그램 플로차트

### 3. 결론

본 논문에서는 산업현장에 적용되는 저가형 AGV 시스템 구현을 위해서 2개의 BLDC Motor를 하나의 드라이브에 구현하였다. 기존의 180[deg] 도통 방식의 BLDC Motor 구동은 필연적으로 6개의 IO단자를 사용하였지만, SVPWM 방식과 Dead time을 지원하는 게이트 드라이브를 적용함으로써 3개의 IO단자만을 사용할 수 있었으며, AGV에서 요구하는 여러 가지 IO입력을 처리할 수 있었다. 또한 제안된 시스템의 검증을 위해서 실제 AGV시스템에 적용하였으며, 주행 성능을 확인하였다.

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의 인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

### 참고문헌

[1] Lee K. W., 2019, "A Study on AGV For Obstacle Recognition in Factory Using Deep Learning" pp. 1~3.  
 [2] 김진원, 장성욱, "2000년 이후 국내 AGV 발전 사례 조사", 2020 대한기계학회 추계학술대회, pp. 22~23  
 [3] BERMAN Siga, SCHECHTMAN Edna, and EDAN Yael, "Evaluation of automatic guided vehicle systems", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 25, No. 3, pp. 522~528, Jun. 2009.  
 [4] 이주원, 이병로, "퍼지 추론 시스템 기반한 AGV 주행 제어기 설계", 한국정보기술학회 논문지 Vol. 18, No. 6, pp. 11~16, 2020  
 [5] J.R. Hendershot Jr. and TJE Miller, Design of Brushless Permanent Magnet Motors, Oxford, 1994.