

팜봇과 연동하는 작업기 자동체결 장치 개발

권준혁^{*,#}, 이명호^{*}, 조형호^{*}, 홍형길^{**}, 조용준^{**,***}, 윤해룡^{**},
오장석^{**}, 박희창^{**}, 강민수^{**}

^{*}아세아텍, ^{**}한국로봇융합연구원 농업로봇자동화연구센터, ^{***}안동대학교 바이오ICT융합공학과

Development of Automatic Module Changer for Farmbot

Junhyuk Kwon^{*,#}, Myungho Lee^{*}, Hyungho Cho^{*}, Hyunggil Hong^{**}, Yongjun Cho^{**,***},
Haeyong Yun^{**}, Jangseok Oh^{**}, Huichang Park^{**}, Minsu Gang^{**}

^{*}K ASIA Technology Co, LTD, ^{**}Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, ^{***}Dept. of
Bio-ICT Engineering, Andong National University,

(Received 01 July 2021; received in revised form 19 July 2021; accepted 03 September 2021)

ABSTRACT

In this study, we developed an automatic module changer for agricultural implements for using in unmanned agricultural robots. An automatic module changer is attached by lowering from the top to bottom of the implements and fixing the four fastener bars attached to the implements in combination. The lift function was implemented using seesaw-type structures to keep the engagement point constant when the automatic module changer climbs and descends, and the switching function of the automatic module changer was implemented using the link device in the cam structure. We developed an algorithm to check the presence of attachment and opening/closing of the workpiece using limit switches and verified the performance through combination assessment and weight lift test to assess whether the combination was within the error range.

Keywords: FarmBot(팜봇), Agricultural Robot(농업로봇), Automatic Changer(자동교환), Modular Implement(모듈형 작업기)

1. 서 론

최근 농촌 지역의 인구감소와 고령화에 따라 만성적인 일손 부족에 시달리는 농촌문제를 해결하고 농업 경쟁력을 높이기 위해 무인운전 및 자동제어 기술 등의 원천핵심 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 국외에서는 이미 BOSCH 社の BoniRob, SAGA

Robotics 社の Thorvald, naio 社の Dino 등의 자율주행형 플랫폼을 이용하여 밭작물의 생태모니터링 및 무동력 작업 등을 수행할 농업로봇의 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 자동체결 방식이 아닌 조립식으로 연결되고 있는 실정이다. 국외와 마찬가지로 국내에서는 노동력 절감과 작업 능률의 극대화 할 수 있는 무인 농작업 로봇 플랫폼인 ‘팜 봇(Farm Bot)’이 개발 중이다. 해외는 단일작업을 위한 전용 농업로봇이 사용된다면 국내에서는 다양한 작업을 수행할 수 있는 다목적 농업로봇의 형태를 원하는 실정이다. 이러한

Corresponding Author : nieems@asiakor.com

Tel: +82-53-580-7786, Fax: +82-53-580-7879

목적은 만족하기 위해 교체방식의 모듈형 작업기가 자동으로 체결되는 것이 필요하다. 팜봇의 작업기 교환방식은 무인 자동화가 이루어져야 하지만 기존 농기계에서 사용하는 3점 히치 연결방식으로는 체결지점이 일정하지 않아 작업기를 부착하는 작업이 어렵다. 따라서 체결지점을 일정하게 확보하고 손쉽게 작업기를 고정할 수 있는 체결장치의 개발이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 무인 농작업 로봇인 팜봇에 부착되어 모듈형 작업기의 무인 교체가 가능한 체결장치와 체결 시스템을 개발하였다. 또한, 팜봇에 부착하여 작업기의 체결성 시험과 중량 리프트 시험을 통해 팜봇과 호환 및 성능을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 작업기 자동체결 장치

무인 농업 로봇 플랫폼에 대응하기 위해 작업기의 탈부착 방식 또한 무인 자동화가 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 작업기의 무인 탈부착이 가능한 장치를 개발하였다. 작업기 자동체결 장치는 높이 가변을 위한 시소(See-Saw)유닛, 작업기의 결합을 위한 F-조인트(Joint) 유닛으로 구성하였다. 자동체결을 위해 전용 작업기를 개발하였으며 W-조인트(Joint) 유닛을 통해 F-조인트 유닛과 결합한다. Fig. 1은 팜봇로봇과 작업기 체결장치를 부착한 모습을 나타내며, Fig. 2는 작업기 체결장치의 전체구성을 나타낸다. Table 1은 작업기 자동체결 장치의 사양을 나타낸다.



Fig. 1 Assembling Auto Module Changer with Farm bot

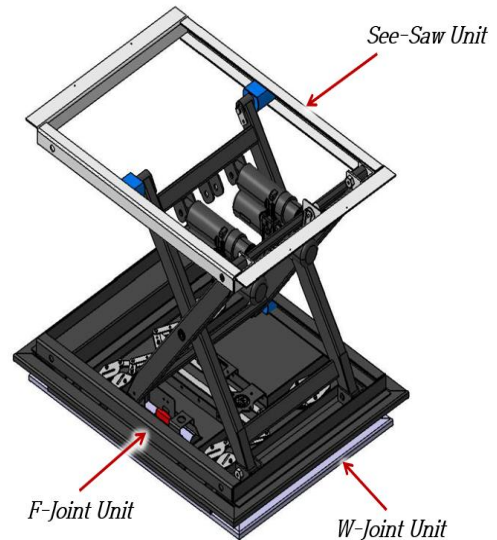


Fig. 2 Composition of Auto Module Changer

Table 1 Specifications of Auto Module Changer

Item	Specifications
Length * Width * Height (mm)	660*840*240
Payload (kg)	250
Variable Height (mm)	380

2.2 장치의 구동 메커니즘

작업기의 자동체결을 위해서는 체결지점을 정확히 맞추는 것이 중요하다. 본 장치는 작업기의 자동체결을 위해 시소(See-Saw)방식의 리프트 구조를 사용하여 체결지점의 위치 변화 없이 수직 승·하강이 가능하도록 개발하였다. 장치 높이가 가변을 위해 유압 전동실린더를 사용하였고, 실린더의 왕복운동에 따라 나일론 롤러가 레일을 따라 움직이며 높이가 가변이 가능하도록 구현하였다. 포텐셜 미터를 사용하여 기구물의 각도 변화에 따라 장치의 현재 높이를 측정하도록 구성하였다. 작업기 체결과 운용을 위해서는 350mm의 가변 폭이 필요하며, 스트로크 150mm의 실린더를 사용하여 380mm의 가변 폭을 갖도록 설계하였다. Fig. 3, Fig. 4은 시소 유닛의 구성과 승·하강 운동을 나타낸다.

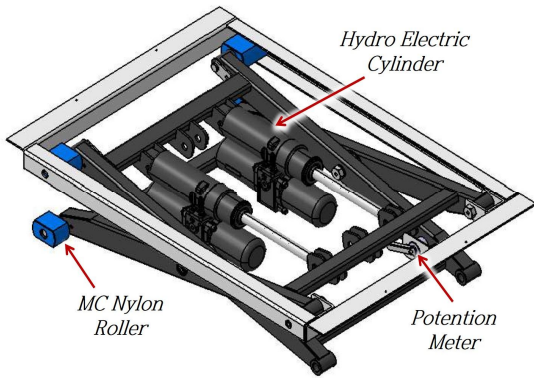


Fig. 3 Composition of See-Saw Unit

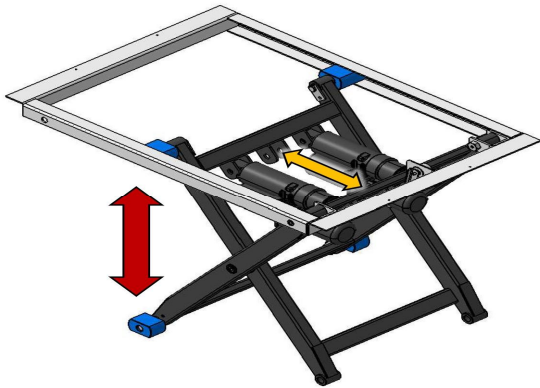


Fig. 4 Drive of See-Saw Unit

Fig. 5는 플랫폼의 체결 부(F-Joint Unit)를 나타낸다. 워기어 모터가 회전하며 캠으로 구성된 링크 구조물을 회전시켜 180도를 1주기로 조 조합(Jor Assemble)을 개폐한다. 링크장치에 부착된 핀은 조 조합이 개폐됨에 따라 리미트 스위치를 클릭하여 조 조합의 개폐 상태를 알 수 있도록 하였다. Fig. 6는 링크의 움직임에 따른 조 조합의 개폐운동을 나타낸다. 작업기의 접촉 여부를 판단하기 위해 수직 방향의 리미트 스위치를 설치하였다. 작업기 모듈의 전력 공급 및 통신라인의 결선을 위해 압착결합 방식을 사용한 Anderson 社의 6 Pin 커넥터를 사용하여 작업기 부착 시 별도의 체결과정 없이 작업기의 커넥터와 연결된다.

Fig. 7은 작업기의 체결 부(W-Joint Unit)를 나타내며, 4개의 체결 바(Clamping Bar)와 전력용 커넥터로 구성된다.

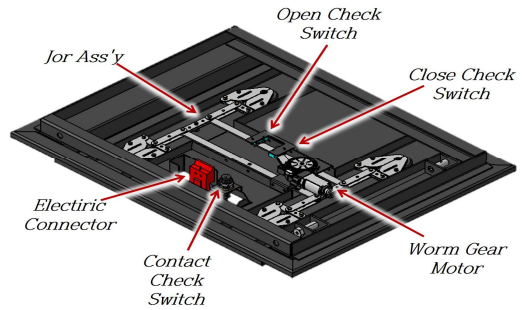


Fig. 5 Composition of F-Joint Unit

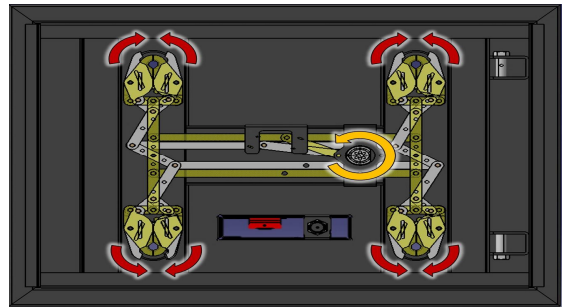


Fig. 6 Drive of F-Joint Unit

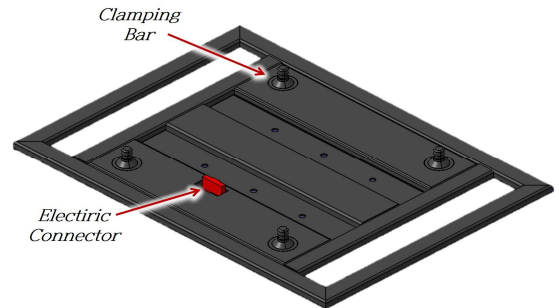


Fig. 7 Composition of W-Joint Unit

Fig. 8은 작업기 체결과정을 나타내며, 시소 유닛이 실린더에 의해 하강함에 따라 체결 바가 플랫폼 체결 부의 체결용 구멍을 통과하여 체결 바의 홈을 조 조합 장치가 물어 고정한다. 작업기의 원활한 체결을 위해 체결 구멍에 경사를 주어 체결 포인트가 정확히 일치하지 않더라도 경사면을 따라 체결지점에 위치할 수 있도록 설계하였다. Table 2는 작업기 자동체결 장치에 사용된 요소 부품에 대한 제원을 나타낸다.

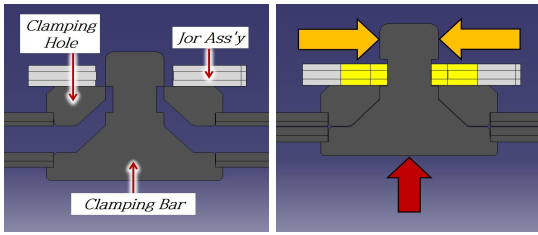


Fig. 8 Combination of machinery

Table 2 Specifications of component parts

Item		Specifications
Cylinder	Stroke (mm)	150
	Power (W)	240
Motor	Power (W)	200
Connector	Rated Amp (A)	120(2Pin) / 20(4Pin)

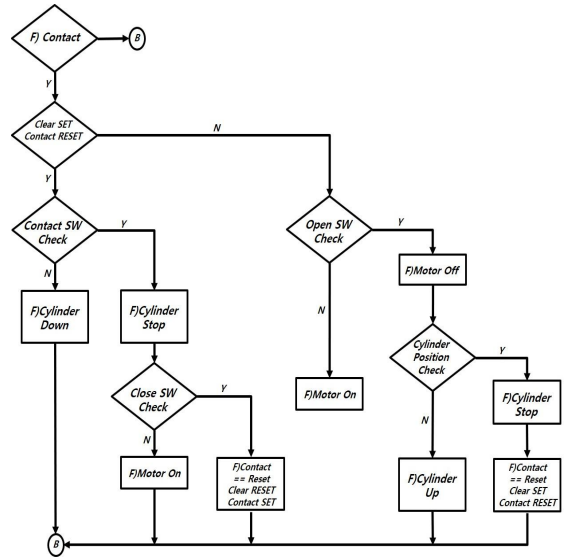


Fig. 10 Automatic combination flow-chart

작업기 모듈 접촉 스위치를 통해 작업기 부착 상태를 확인하고, 개폐 스위치를 통해 조 조합 장치의 개폐 여부를 확인하여 작업기 모듈의 잠김 여부를 판단하도록 순서도를 구성하였다. 작업기 모듈의 비정상적 접촉 또는 조 조합 장치의 잠김 불량에 대하여 에러 신호를 피드백하도록 구현하였다.

체결 명령에 따라 초기 체결 상태를 바탕으로 작업기 부착 또는 탈착 작업을 수행하도록 순서도를 구성하였다. 작업기 부착 여부에 따라 다른 프로세스를 따른다. 작업기 체결 프로세스는 접촉 스위치의 스위칭 여부에 따라 자동체결 장치를 하강하여 작업기 작업 모듈을 접촉시킨다. 작업기가 체결장치에 완전히 밀착되기 위해 접촉 스위치가 눌리고 2초간 실린더를 더 하강한 후, 체결모터를 구동하여 작업기 모듈이 부착될 수 있도록 한다. 작업기 모듈 탈착 프로세스는 실린더를 하강하여 포텐셜 미터의 위치값이 변하지 않는 지점을 지면으로 인식한다. 조 조합장치에 작업기의 하중이 가지 않도록 2초간 실린더를 더 하강하여 체결장치를 완전히 내려준 후 체결 모터를 구동하여 작업기 모듈을 분리하도록 구현하였다.

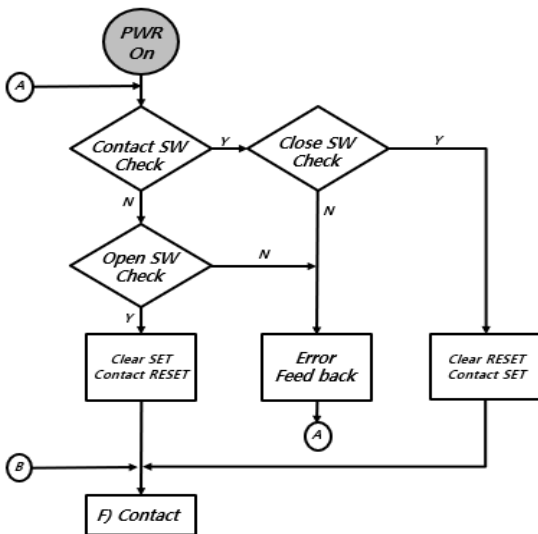


Fig. 9 Initial state check flow-chart

2.4 자동체결 장치 작동 시스템

자동체결 장치는 초기 상태를 확인하기 위해 전원이 인가되면 Fig. 9의 순서도를 따라 리미트 스위치의 스위칭 여부를 확인하여 작업기의 부착 유무와 에러 상태를 확인한다.

3. 실험결과 및 고찰

Table 3 Error status according to operation command

Experimental No.	Open Switch	Close Switch	Contact Switch	Error Feed back
1	1	0	1	1
2	0	1	0	0
3	1	0	1	0
4	0	1	0	1

개발된 자동체결 장치는 로봇 플랫폼에 부착되어 플랫폼의 명령에 따라 작업기를 탈부착하여야 한다. 이를 위해 현재 작업기의 부착 여부와 조 조합의 개폐 상태를 정확히 파악하여야 체결과정에서 발생할 수 있는 파손 등을 피할 수 있다. 따라서 자동체결 장치가 작업기 탈부착 명령에 따른 체크용 스위치의 상태를 파악하고 에러(Error) 상태에 따른 피드백 메시지를 확인하였다. Table 3은 작업기 탈부착 명령에 따른 스위치 상태와 에러 상태를 나타낸다.

또한, 장치의 성능평가를 위해 체결성 시험과 중량 리프트 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 작업모듈은 현재 개발중인 작업모듈의 프레임으로 전용 거치대와 같은 높이의 지그(Jig)를 사용하여 시험하였다. 체결성 시험은 플랫폼이 체결을 위해 작업기를 영상 카메라로 인식하여 진입하였을 때 발생하는 오차 범위인 20mm내에 위치한 상태에서 체결이 가능한지 시험한다. 전용 지그를 이용하여 체결지점에서 상하좌우 방향으로 15mm, 20mm, 25mm, 30mm 벗어난 지점에 작업기체결부를 위치시켜 5회 체결을 시도하였다. [Table 4]는 체결성 시험의 결과를 나타낸다. 시험 결과 체결장치가 최상단에 위치한 상태에서 체결 후 다시 체결장치를 최상단까지 위치시키는데 약 8초 소요되었으며, 체결지점으로부터 25mm 오차 내에서 체결이 가능한 것을 확인하였다. 중량 리프트 시험은 작업기체결부에 무게추를 달고 작업기를 승하 강하여 전동실린더의 정격용량인 20A 내에서 동작 가능한지 확인한다. 무게추는 작업기 최대 무게인 250kg으로 설정하며 정격용량 확인을 위해 20A의 퓨즈를 사용하여 5회 반복 측정하였다. [Table 5]는 중량 리프트 시험의 결과를 나타내며, 정격사양 내에서 250kg의 중량을 리프트 가능한 것을 확인하였다.

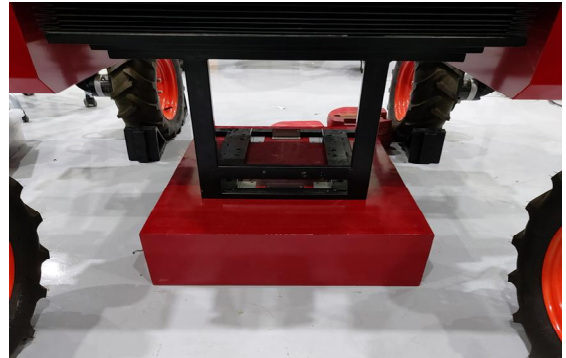


Fig. 10 Combination test

Table 4 Result of combination test

Range / Direction	15mm	20mm	25mm	30mm
Up	OK	OK	OK	NG
Down	OK	OK	OK	NG
Left	OK	OK	OK	NG
Right	OK	OK	OK	NG



Fig. 11 Weight lift test

Table 5 Result of weight lift test

Experimental No.	Weight (300kg)
1	OK
2	OK
3	OK
4	OK
5	OK

4. 결 론

본 논문에서는 무인 로봇 플랫폼과 연동하여 사용될 자동체결 장치를 개발하였고, 사용환경을 고려한 성능평가를 시행하였다. 평가 결과 개폐 스위치와 접촉 스위치를 통해 작업기의 부착 여부와 에러 상태가 파악됨을 확인하였다. 성능평가를 통해 체결 오차범위 25mm 내에서 체결됨을 확인하였고, 250kg의 작업기 무게를 실린더의 정격사양 내에서 리프트 됨을 확인하여 로봇 플랫폼과 연동하여 사용할 수 있음을 확인하였다. 현재 플랫폼 운용이 자유롭지 못해 정지 상태에서의 테스트를 진행하였으므로 향후에는 플랫폼이 작업 모듈을 스스로 인식하여 작업기의 종류 및 부착 위치 선정 기능을 구현하고 실제 농작업을 위해 구동중인 상태에서 작업 모듈의 체결성 및 중량 리프트 시험을 실시 할 예정이다.

후 기

“본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (317072-04)”.

REFERENCES

1. Kim, J. H., Choi, J. Y., Lee, C. M., “A Study on the Development and Performance Evaluation of an ATC Test Bench,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 29, No. 5, pp. 489-493, 2012.
2. Ko, J.-H., Kang, K.-Y., Lee, S.-J., “Development of Automatic Tool Changer with Servo-Motor,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 16, No. 5, pp. 66-73, 1999.
3. Shin, W.-C., Ro, S.-K., Kim, B.-S., Park, J.-K., “Development of Automatic Tool Change System of the SMA-Based Tool Clamping Device,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 19, No. 5, pp. 710-715, 2010.