

## 트랙터 3점 히치의 인간-기계 인터페이스 동작에 관한 연구

이상식 이충호 이제용 문정환

### A Study on Operation of Man-Machine Interface for Tractor 3-point Hitch

S. S. Lee C. H. Lee J. Y. Lee J. H. Mun

#### Abstract

This study was to investigate performance of position, basic controls and additional control for man-machine interface on a 3-point hitch of a tractor. The developed additional control was one-touchup, backup, turnup, liftarm limited, PTO on/off and an external control. As a result of experiment, maximum steady state error of response system was lower than  $0.8^\circ$  and this result showed the function operated normally because the dead band of system set was  $\pm 1^\circ$ . There was no abnormal situation by switch operation and sensor signal during the performance test. The results of experiment showed the characteristics of the response was sufficient to be used as the position and additional control system for tractors.

**Keywords :** Tractor, 3-point hitch, Man-machine interface, Position control, Additional control

#### 1. 서론

농업기계의 발달은 1960년 초반 농업기계 시초인 동력경운기의 보급을 시작으로 1970년대에 접어들면서 급속도로 이루어졌다. 트랙터의 경우에는 현재 내수 보급용뿐만 아니라 수출용 제품까지 국제적 원가 경쟁력을 가지고 있는 것이 현실이다. 트랙터는 이미 보편화, 대형화 및 자동화의 방향으로 급진화한지 10여년이 되었다. 그러나 트랙터 엔진, 변속기 및 외장기술 등의 발전은 급속도로 이루어졌지만, 작업기 제어 시스템에 대한 개발은 다른 선진국에 비하여 발전 속도가 늦은 것만은 사실이다(Lee 등, 2006).

전세계적으로 트랙터의 작업 제어시스템은 미국, 이태리, 영국, 일본 및 한국 등 선진국을 중심으로 전자유압을 이용한 자동 제어시스템이 적용되었지만, 그 외 대부분의 지역에서는 거의 수동 장치를 채택하고 있다. 일부에서 모터를 장착한 반자동식 장치를 일부 채용하고 있으나 조립, 사후서비스 및

사용상의 불편함으로 거의 사용되지 않고 있는 실정이다(Lee 등, 2006).

미국, 이태리 및 영국 등의 구미 선진국에서 적용한 트랙터의 자동 제어시스템은 위치 및 견인력 제어이고, 일본 및 한국 등의 아시아에서는 주로 위치, 수평 및 경심 제어를 사용하고 있다. 두 시스템 모두 공통적으로 3점 히치의 인간-기계 인터페이스 상호 동작방법으로 위치제어를 사용하고 있다. 하지만 최근에 들어 작업자의 편의성 및 작업효율의 극대화를 위한 윈터치상승 제어, 회전상승 제어 및 후진상승 제어 등의 추가적인 다기능을 수요자가 요구하고 있는 실정이다.

트랙터 제어시스템의 인간-기계 인터페이스 동작방법을 위한 부가제어는 트랙터 기업을 중심으로 제품개발 위주로 수행되었지만, 시스템 설계 수준의 미비 및 주요 부품의 내구성 문제 등으로 오랜 기간 발전을 이루지 못하였다. 그러나 1980년대 후반부터 전자산업의 발달로 제어 기술이 급진전하게 되었고, 미국 및 일본을 중심으로 상용화 제품을 출시하고 있

This study was supported by the research fund supported by Mido Tech Co. Ltd.. The article was submitted for publication in August 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in September 2007. The authors are Sang Sik Lee, Research Associate Professor, Jeong Hwan Mun, Associate Professor, Dept. of Biomechanics Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Choong Ho Lee, Assistant Professor, Dept. of Manufacturing and Design Engineering, Jeonju University, Jeonju, and Je Yong Lee, President, Mido Tech Co. Ltd., Hwasung, Korea. Corresponding author: J. H. Mun, Associate Professor, Dept. of Biomechanics Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea; Fax: +82-31-299-4820; E-mail: <jmun@skku.ac.kr>.

다. 국내에서는 K사에서 모터를 장착한 반자동식의 후진상승 제어 기능이 있는 제품을 출시하였다. 국외에서는 일본의 K사에서 전자밸브를 장착한 자동 제어방식의 원터치제어 및 회전상승제어 기능이 있는 제품을 출시하였다. 미국의 J사 및 C사에서는 전자밸브를 장착한 자동 제어방식의 원터치 및 외부제어 기능이 있는 제품을 출시하였다. 특히 대형 트랙터에 적용한 시스템은 미국의 J사와 C사에 의해 설계, 개발 및 상품화되어 세계시장을 장악하고 있다.

우리나라는 FTA로 인한 농업구조의 대형화가 가속화될 것으로 예측하고 있다. 트랙터 시장은 이미 대형화로 전환되고 있는 시점이고, 또한 자동화가 급속도로 발전되고 있다. 국외에서는 Keuper(1999)에 의해, 국내에서도 Lee 등(2002, 2006a, 2006b)에 의해 자동 제어시스템이 개발되었다. 하지만 농업인의 편의성을 높여주는 부가기능이 부족한 것이 현실이므로, 농업인을 위한 인간-기계 인터페이스 작동방법에 대한 부가제어 기능의 개발이 절실히 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 원터치상승제어, 회전상승제어, 후진상승제어, 리프트암상한제어, PTO On/Off제어 및 외부수동제어를 포함하는 부가제어를 개발하고, 트랙터의 3점 히치 인간-기계 인터페이스 동작방법의 위치 및 부가제어에 대한 성능실험 수행 및 검증은 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 3점 히치 시스템 개요

3점 히치 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이, 1) 인간의

작동에 의한 작업에서 작업조건 등의 설정 및 조작을 위한 설정 및 조작 패널, 2) 기계의 작동에 의한 작업기 위치, 견인력, 경심, 부하 및 부가 제어 등의 검출을 위한 각종 센서로 구성되는 센서부, 3) 각종 센서로부터의 신호를 입력보드(A/D보드)를 통해 읽어 들인 후 각종 연산처리를 수행하고, 출력보드(D/A 및 D/O보드)를 통해 밸브구동회로에 제어신호를 출력하기 위한 마이크로컴퓨터 및 유압밸브의 구동을 위한 밸브 구동회로 등으로 구성되는 전자제어부, 4) 전자제어부로부터의 제어신호에 의해 솔레노이드밸브 및 유량 비례제어 밸브를 간접 제어하고, 유압실린더의 작동 제어를 위한 각종 유압밸브 및 밸브블록으로 구성되는 유압회로 및 실린더, 5) 리프트암을 통해 유압실린더와 직접 연결되어 있는 3점 히치의 5요소로 구성되어 있다. 인간-기계 인터페이스를 위한 부가제어의 설정 및 조작 패널과 센서는 설계 및 제작하였고, 제어 알고리즘, 전자제어부, 유압회로 및 실린더 및 3점 히치와 작업기는 Lee 등(2002)이 개발한 시스템을 사용하였다. 그리고 전자제어부에서 설정한 시스템 데드밴드는  $\pm 1^\circ$ 이다.

### 나. 시작기

본 연구에서 개발한 시스템은 국내 D사의 제품을 사용하였다. 그림 2는 시작기 시스템 구성의 개략도이고, 표 1은 시작기의 사양이다. 시작기를 포함한 실험장치는 각종 연산처리 및 제어를 위한 컴퓨터, 센서로부터의 신호를 읽어드리고 컴퓨터로부터의 제어신호를 출력하기 위한 컴퓨터의 확장슬롯에 장착된 입력 및 출력보드, 출력보드로부터의 제어신호에 의해 솔레노이드밸브를 작동하기 위한 콘트롤러 등으로 구성

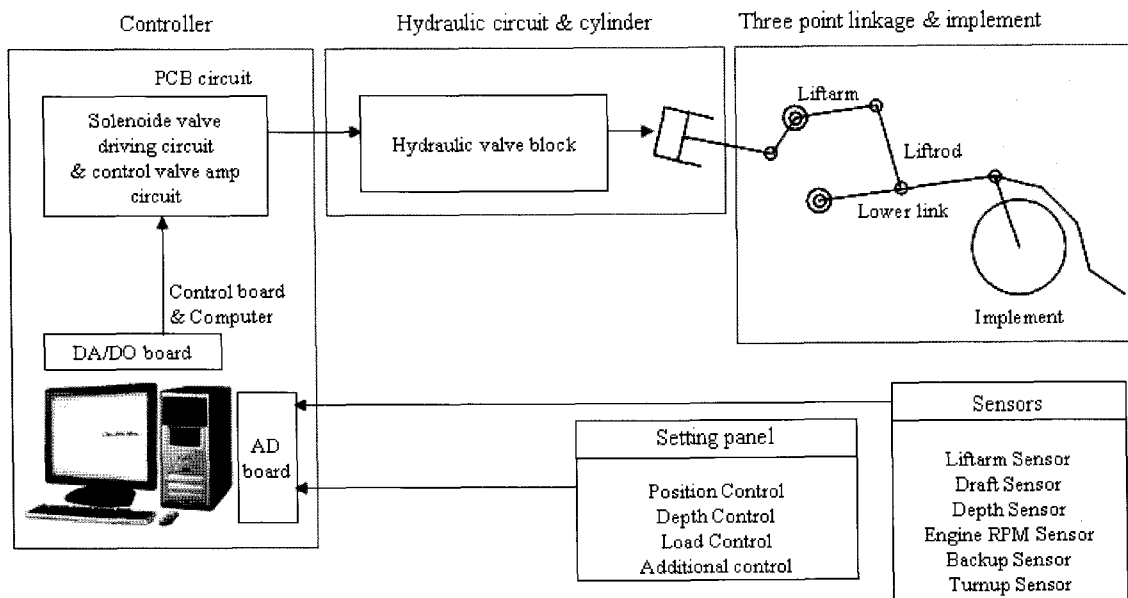


Fig. 1 Schematic diagram of 3-point hitch system.

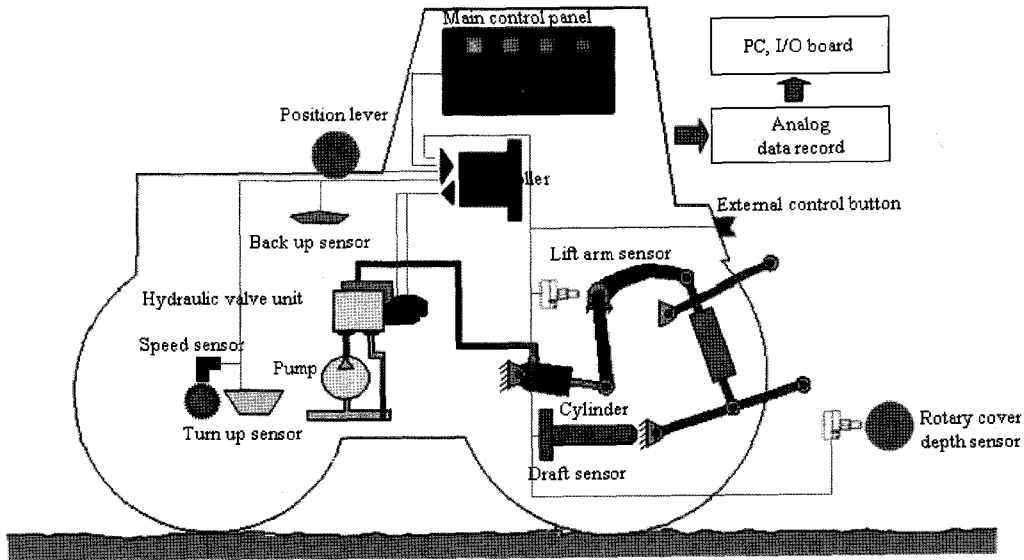


Fig. 2 Schematic diagram of proto-type tractor.

되어 있는 전자제어부, 각종 센서류(위치레버 센서, 리프트암 센서, 후진센서 및 회전센서), 유압시스템 등이 장착된 공시 트랙터 및 실험중의 각종 센서로부터의 신호를 기록하기 위한 아날로그 데이터레코더 등으로 구성하였다.

Table 1 Specification of the prototype tractor

Items		Specifications	
Engine	Type	Diesel	
	Cylinder	4	
	Max. Output	47 HP / 2600 rpm	
Body	Length	3448 mm	
	Width	1610 mm	
	Height	2265 mm	
	Shaft distance of tire	1820 mm	
	Trend	Front tire	1254 mm
		Rear tire	1142~1344 mm
Ground clearance	365 mm		
Weight		1740 kg	
PTO	Type	Independent	
	Shift	3	
	RPM	560, 728, 1040	
Tire	Front	9.5-18	
	Rear	13.6-28	

다. 인간-기계 인터페이스 조작부

1) 위치제어 장치

3점 히치의 위치제어를 위한 장치는 위치레버의 옆면에 전위 차계를 장착한 형태로 구성하였다. 이 장치는 위치 레버의 회전 각도를 전위차계로 검출함으로써, 3점 히치의 위치를 제어한다.

2) 부가제어를 위한 설정 및 조작 패널 장치

설정 및 조작 패널은 운전자에 의한 작업조건 등의 설정 및 조작을 위한 요소로 자동감지 제어뿐만 아니라 인간-기계 인터페이스 작동 설정 및 조작을 하는 장치이다. 본 연구에서 사용한 제어시스템은 그림 3의 메인 패널에서 보는 바와 같이 전자 제어부의 조작 패널상의 각종 스위치의 조작에 의해 기본제어 기능의 견인력, 부하 및 경심과 부가제어 기능의 선택이 가능하도록 개발하였고, 그림 4의 부가제어 패널은 윈터치상승제어, 회전상승제어, 후진상승제어, 리프트암상한제어, PTO On/Off제어 및 외부수동제어의 선택이 가능하도록 개발하였다.

본 연구에서 개발한 윈터치상승제어는 작업자가 작업기를 원하는 상승위치까지 작업자의 일회 동작으로 이루어지는 기능이고 버튼스위치 구조이다. 회전상승제어는 작업자가 트랙터의 조향 휠을 원하는 위치로 동작하였을 때, 작업기를 원하는 상승위치까지 작동하도록 하는 기능이고 버튼스위치 구조이다. 후진상승제어는 작업자가 트랙터의 후진변속레버를 후진위치로 동작하였을 때, 작업기를 원하는 상승위치까지 작동하도록 하는 기능이고 버튼스위치 구조이다.

리프트암상한제어는 작업자가 윈터치상승제어 및 후진제어 기능을 수행하였을 때, 원하는 위치를 설정하는 기능이고 가변저항 구조이다. 작업 중 윈터치조작스위치의 조작 또는 후진 및 회전센서의 On/Off신호에 의해 작업기가 한 번에 설정된 리프트암 상한위치까지 상승하고, 위치레버 위치까지 하강한다. 리프트암의 상한위치는 조작패널의 상한위치다이얼에 의해, 하강위치는 위치레버에 의해 조절되도록 구성되어있다.

PTO On/Off제어는 PTO 동력전달 유/무를 판단하는 기능

이고 버튼스위치 구조로써, 작업자가 작업기를 일정높이만큼 높이면 PTO 동력전달이 되지 못하도록 한다.

외부수동제어는 트랙터 내부에서의 위치제어 기능을 트랙터 외부에서 가능하도록 하는 기능이고 버튼스위치 구조이다. 외부수동제어 기능이 되면 외부에 장착된 수동의 리미트 스위치를 이용하여 3점 히치를 상승 및 하강 시킬 수 있다.

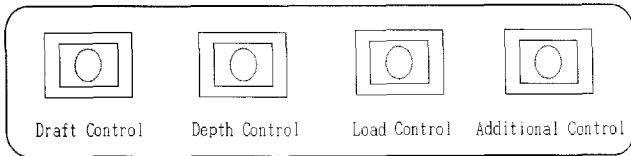


Fig. 3 Main control panel.

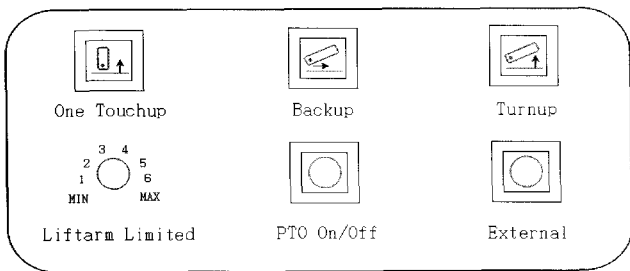


Fig. 4 Additional control panel.

라. 위치 및 부가제어 기능을 위한 센서부

센서부는 트랙터에 의한 위치 및 부가제어 기능 작동을 위한 작업 상태에 관한 정보를 얻기 위한 형태로 구성하였다. 위치제어를 위한 리프트암 센서, 부가제어에서 원터치상승제어를 위한 리프트암 센서, 회전상승 및 후진상승제어를 위한 리미트 스위치, 리프트암상한제어를 위한 리프트암 센서, PTO On/Off제어를 위한 리프트암 센서를 이용하여 기능의 상태를 감지하였다.

1) 리프트암 센서

리프트암 센서는 3점 히치의 위치제어, 원터치상승제어, 리프트암상한제어 및 PTO On/Off제어의 상태를 검출하기 위한 센서이고, 그림 5에서 보는 바와 같이 리프트암축의 한쪽면에 전위차계를 장착하여 리프트암의 회전 각도를 전위차계로 검출함으로써 작업기의 위치를 검출하도록 구성하였다.

2) 리미트 스위치

그림 6(a)와 그림 6(b)는 시스템의 후진 및 회전 상승제어를 위한 후진과 회전 센서이다. 그림 6(a)에서 보는 바와 같이 후진상승제어를 위한 리미트 스위치는 후진 레버 작동시 센서가 작동되도록 구성하였다. 회전상승제어를 위한 리미트

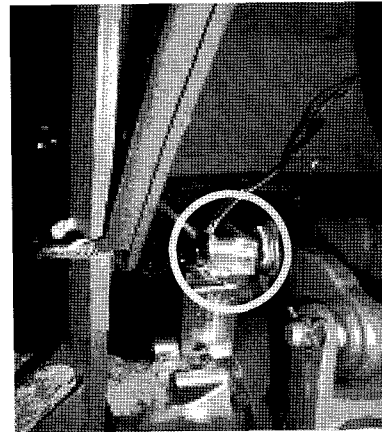
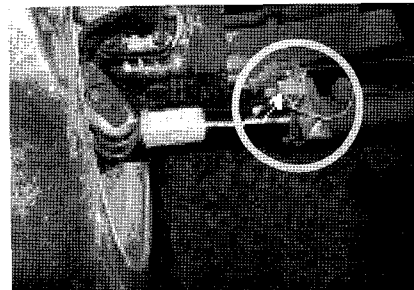
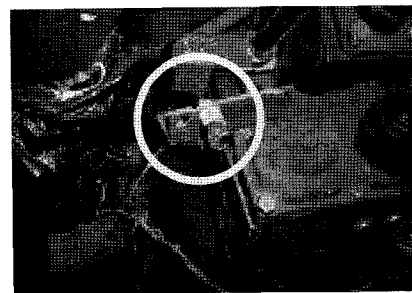


Fig. 5 Liftarm Sensor.

스위치는 그림 6(b)에서 보는 바와 같이 구성하였고, 운전자에 의한 좌우 조향 동작에 의해 조향 실린더의 로드에서 설정되어 있는 센서는 트랙터의 최대 조향각도가 중심정렬을 기준으로 약 45°이므로 좌회전 및 우회전의 40° 위치에서 작동되도록 구성하였다.



(a) Backup sensor



(b) Turnup sensor

Fig. 6 Backup and turnup sensor.

마. 실험방법

실제 트랙터에 장착된 제어시스템의 인간-기계 인터페이스 동작기능인 위치제어 및 부가제어의 성능을 규명하기 위한 로터리작업 포장실험을 경기도 화성시 소재 논토양에서 수행하였다. 위치 및 견인력, 경심 및 부하제어 및 부가제어가 가능하도록 설계된 작업기 제어시스템에서 견인력, 경심 및 부

하제어 연구는 Lee 등(2006a, 2006b)에 의하여 수행되었고, 본 연구에서는 인간-기계의 상호 관계에 의해 작동되어지는 위치제어, 원터치상승제어, 회전상승제어, 후진상승제어, 리프트암상한제어, PTO On/Off제어 및 외부수동제어에 대한 응답특성 및 제어성능을 규명하기 위해 포장에서 응답특성실험을 수행하였다.

위치제어, 원터치상승제어, 회전상승제어 및 PTO On/Off 제어 실험은 트랙터의 엔진회전수 2,600 rpm 상태 및 전진 주행속도 4.4 m/s, 8.3 m/s, 11.9 m/s 및 15.1 m/s에서 상승 및 하강 작동각도 -20°~60° 범위 중 임의의 각도로 하여 5회 수행하였다. 위치제어, 원터치상승제어 및 PTO On/Off제어 실험은 트랙터가 전진할 때 실험을 수행하였고, 회전상승제어 실험에서는 회전을 위한 조향을 최대치까지 작동시켜 실험을 수행하였다. 실험을 위한 작업포장은 임의의 작업 깊이로 시작기가 인위적으로 만들어진 불균일한 포장면을 로타리 주행 작업하면서 수행하였다. 후진상승제어, 리프트암상한제어 및 외부수동제어 실험은 트랙터를 정지한 상태 및 엔진 회전수 1,000 rpm, 1,500 rpm, 2,000 rpm 및 2,600 rpm에서 상승 및 하강 작동각도 -20°~60° 범위 중 임의의 각도로 하여 5회 수행하였다. 계측항목은 리프트암 센서와 위치레버 센서, 상승솔레노이드 밸브 신호, 하강 솔레노이드 밸브 신호, 리프트암상한 설정 신호, 후진제어 신호, 회전제어 신호, 원터치상승제어 신호, PTO On/Off신호, 데드밴드 신호이다.

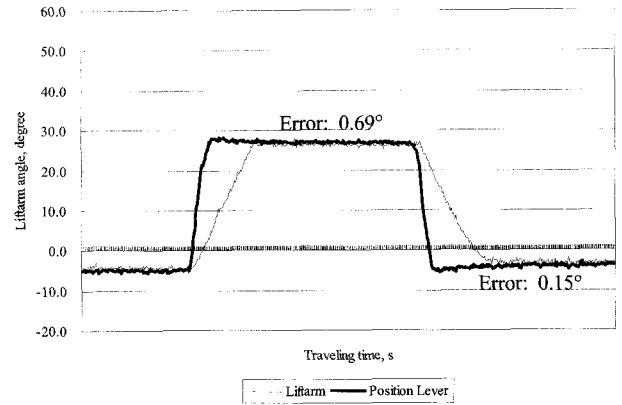
### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 위치제어

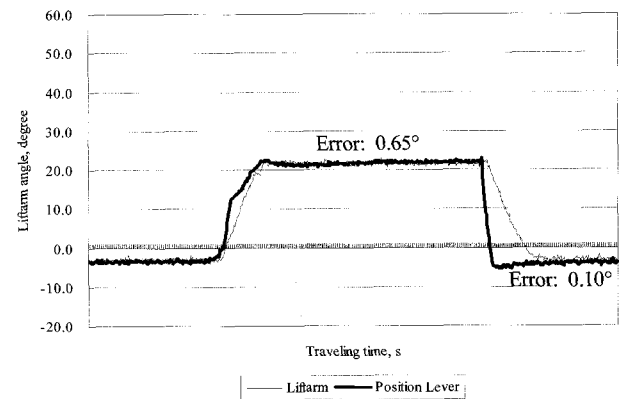
그림 7은 주행속도 중 4.4 m/s와 11.9 m/s에서의 위치제어 실험결과이다. 실험결과로부터 상승 동작의 경우 주행속도에 관계없이 정상상태오차가 평균 0.67°이고, 하강 동작의 경우 평균 0.13°로 작업 중의 토양 반력 등에 의한 영향 없이 제어가 잘 되고 있음을 알 수 있었다. 하강동작의 정상상태오차가 상승 동작에 비하여 적게 발생한 것은 시작기 로타리작업기의 지표면 충격완화 현상 때문이다.

#### 나. 원터치상승제어

그림 8에 대표적으로 주행속도 11.9 m/s, 상한 설정치 40°, 기준위치인 위치레버 0°에서의 로타리작업기에 의한 원터치제어의 실험결과를 표시하였다. 실험결과로부터 원터치스위치의 On과 함께 리프트암이 상한설정위치까지 한 번에 상승하고, Off와 함께 위치레버의 위치까지 한 번에 하강함을 알 수 있다. 정상상태오차는 주행속도와 상승 및 하강동작에 관



(a) Travelling speed 4.4 m/s



(b) Travelling speed 11.9 m/s

Fig. 7 Results of position control at travelling speed 4.4 m/s and 11.9 m/s.

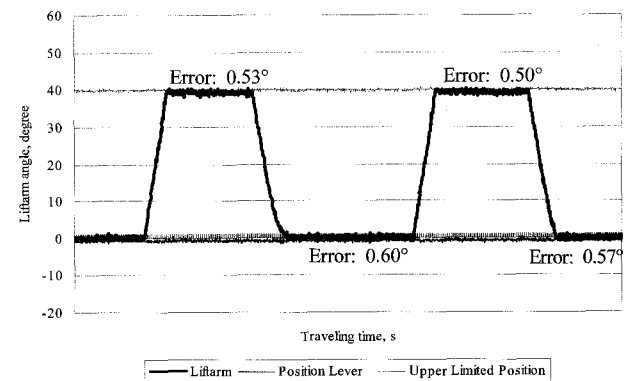


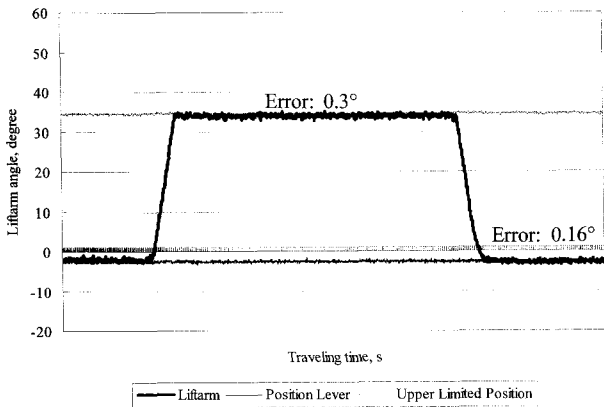
Fig. 8 Results of one-touchup control at travelling speed 11.9 m/s.

계없이 0.5°~0.6°의 범위 내에 있었으며, 평균값은 0.55°로 나타났다.

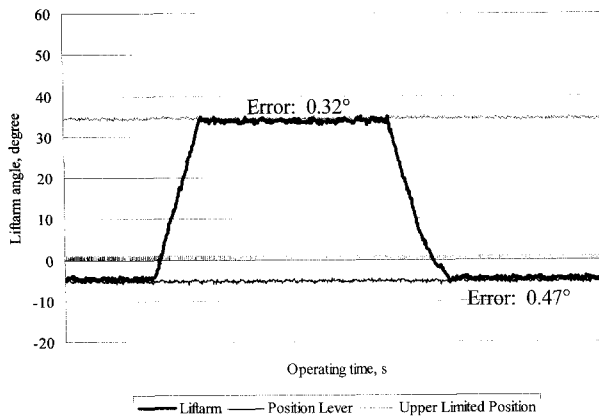
#### 다. 후진상승제어

후진상승제어는 후진변속레버의 조작에 의해 작업기를 상승 및 하강 동작시킨다. 대표적으로 그림 9에서는 엔진 회전

수 1,000 rpm상태 에서는 2.5° 기준위치에서 상승 및 하강 동작 및 엔진회전수 1,500 rpm 상태에서는 5° 기준위치에서 상승 및 하강 동작을 보여주고 있다. 실험결과는 엔진회전수에 관계없이 후진센서의 On과 함께 리프트암이 상한설정위치까지 한 번에 상승하고, Off와 함께 위치레버의 위치까지 한 번에 하강함을 보여주고 있다. 그리고 리프트암은 후진변속레버의 변화에 대해 잘 반응함을 보여주었다. 리프트암이 안정된 상태에서의 정상상태오차는 상승 동작에서 0.3°~0.32°의 범위 내에 있었으며 평균 0.31°이고, 하강 동작에서 0.16°~0.47°의 범위 내에 있었으며 평균 0.32°로 나타났다.



(a) Engine velocity 1,000 rpm



(b) Engine velocity 1,500 rpm

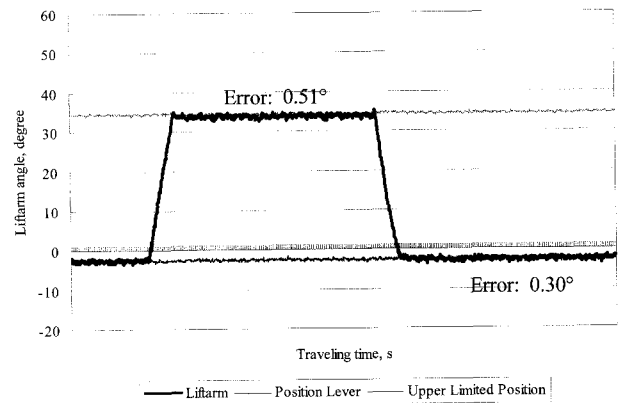
Fig. 9 Results of backup control at engine velocity 1,000 rpm and 1,500 rpm.

라. 회전상승제어

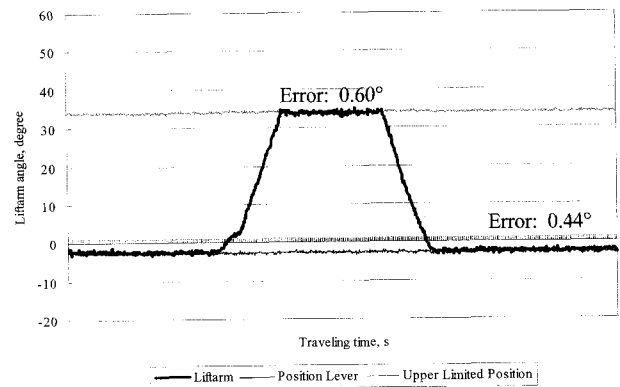
회전상승제어는 트랙터 전진 주행속도 4.4 m/s, 8.3 m/s, 11.9 m/s 및 15.1 m/s에서 타이어를 좌우 최대 조향조작에 의해 성능실험이 수행되었다. 대표적으로 주행속도 4.4 m/s 및 11.9 m/s에 대한 상한 설정치 35°, 기준위치인 위치레버의 -3°에서의 로터리작업기에 의한 회전상승제어의 실험결과를

그림 10에 표시하였다. 실험결과는 주행속도에 관계없이 회전센서의 On과 함께 리프트암이 상한설정위치까지 한 번에 상승하고, Off와 함께 위치레버의 위치까지 한 번에 하강함을 보여주고 있다. 정상상태오차는 주행속도에 및 상승 및 하강 동작에 관계없이 0.3°~0.6°의 범위 내에 있었으며, 평균값은 0.46°로 나타났다.

운전자에 의한 좌우 조향 동작에 의해 조향 실린더의 로드 에 설정되어 있는 센서가 좌회전 및 우회전의 40° 위치에서 작동되도록 구성하였다.



(a) Travelling speed 4.4 m/s



(b) Travelling speed 11.9 m/s

Fig. 10 Results of turnup control at travelling speed 4.4 m/s and 11.9 m/s.

마. 리프트암상한제어

리프트암상한제어는 1,000 rpm, 1,500 rpm, 2,000 rpm 및 2,600 rpm의 엔진회전수 및 34° 상한위치의 조건하에서 윈터치상승제어, 후진상승제어 및 회전상승제어의 조작과 임의의 리프트암 상한위치 설정다이얼의 조작에 의해 성능실험이 수행하였다.

그림 11은 윈터치상승제어를 이용한 실험으로 엔진회전수 1,500 rpm에서의 레버위치 -3°, 리프트암 상한위치 34°에 대

한 상승 및 하강 동작 실험결과를 보여주고 있다. 실험결과로부터 상승 동작에서는 정상상태오차  $0.26^{\circ} \sim 0.41^{\circ}$ , 하강 동작에서는  $0.64^{\circ} \sim 0.76^{\circ}$ 임을 알 수 있다. 그리고 리프트암 상한 위치 설정다이얼의 조작에 의한 리프트암의 위치 변화로 인한 제어 동작에서는 리프트암 상한 설정다이얼의 변화에도 작업기가 잘 추종하였고, 리프트암이 안정된 상태에서의 정상상태오차는 상승 동작에서 평균  $0.7^{\circ}$ 이고, 하강 동작에서 평균  $0.8^{\circ}$ 로 나타났다.

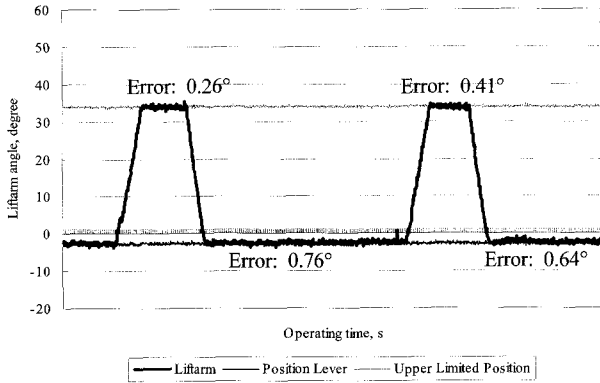


Fig. 11 Results of liftarm limited control at one-touchup switch.

그림 12에서 보는 바와 같이 상한설정다이얼의 위치에 대한 원터치상승제어, 후진상승제어 및 회전상승제어의 실험치의 평균값을 비교한 결과 선형적임으로 나타났고, 리프트암 상한제어가 원활하게 작동하는 것을 알 수가 있었다.

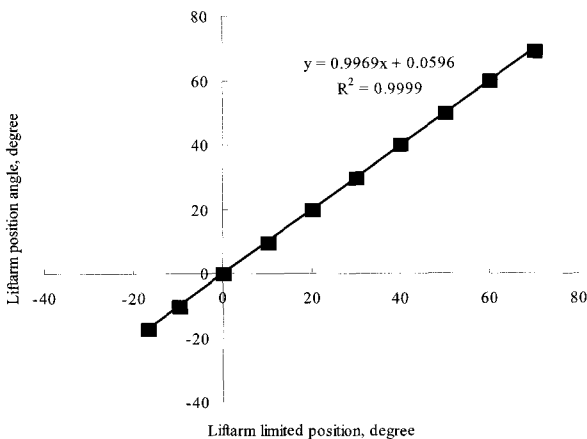


Fig. 12 Results of liftarm angle at liftarm limited control.

바. PTO On/Off제어

PTO On/Off제어는 트랙터의 3점 히치의 위치에 따른 PTO 동작여부를 체크하는 기능으로서 총 5회 실험을 수행하였다.

3점 히치의 상승 및 하강 동작 실험에서 3점 히치의 리프트암이 설정된 지점에서 PTO 동력전달을 On 및 Off되도록 설정되어 있다. 3점 히치가 설정된 지점보다 상단에 위치하게 되면 PTO의 동력이 Off되고, 하단에 위치하게 되면 PTO의 동력이 On된다. 본 연구에서 사용한 트랙터의 PTO 동력 전환 시점은  $38.5^{\circ}$  지점이다. 실험결과는 아래 표 2에서 보는 바와 같이 PTO 동력전달 전환 설정위치를  $38.5^{\circ}$  지점일 때, 실험결과의 평균치도  $38.5^{\circ}$ 로 나타났으며 작동이 원활하게 됨을 알 수가 있었다.

Table 2 Results of PTO On/Off Control

Setting	Results					Average
	1	2	3	4	5	
$38.5^{\circ}$	$38.5^{\circ}$	$38.6^{\circ}$	$38.4^{\circ}$	$38.4^{\circ}$	$38.5^{\circ}$	$38.5^{\circ}$

사. 외부제어

외부제어는 외부제어기능의 패널 스위치를 작동시키면, 트랙터 외부에 있는 수동 스위치로 작업자가 원하는 위치만큼 수동으로 3점 히치를 상승 및 하강 시킬 수 있다. 이 기능은 수동 조작 기능이고, 배터리 전원 기능이 정상적이라면 언제든지 작동되는 기능이다.

4. 요약 및 결론

트랙터의 인간-기계 인터페이스 동작방법의 위치 및 부가제어에 대한 성능실험을 수행하여 포장에서의 응답특성을 규명함으로써, 개발된 위치 및 부가제어 기능에 대한 트랙터의 작업 제어시스템으로서의 응용가능성을 검토하였다.

위치제어 실험은 엔진회전수 2,600 rpm 상태 및 주행속도 4.4 m/s, 8.3 m/s, 11.9 m/s 및 15.1 m/s에서 수행하였다. 작업기가 상승할 때, 주행속도에 관계없이 정상상태오차가  $0.67^{\circ}$ 로 리프트암이 위치레버에 의한 설정치에 잘 추종하였고, 작업기가 하강할 때, 작업기가 지표면에 닿는 현상으로 인하여  $0.13^{\circ}$ 로 상승에 비하여 적게 발생하였다.

원터치상승제어, 후진제어, 회전제어의 성능실험에서 작업 중의 스위치 조작 및 센서신호에 의한 이상 현상은 발생하지 않았고, 작업기는 운전자에 의해 설정된 상한설정 위치 및 기준위치인 위치레버 위치까지 상승하거나 하강하였다. 그리고 모든 부가제어 기능에서 응답시스템의 정상상태오차가 최대  $0.8^{\circ}$ 이하로 나타났고, 이는 설정된 시스템 테드밴드가  $\pm 1^{\circ}$ 이므로 정상적으로 동작함을 알 수가 있었다.

본 연구에서 개발된 트랙터의 작업 자동제어시스템에서 트

랙터 3점 히치의 위치제어, 리프트압상한제어, 원터치상승제어, 후진제어 및 회전제어 대한 응답특성 및 제어성능을 규명한 결과, 본 연구에서 개발된 제어시스템은 제품의 상품화면에서 원가상승에 대한 개선점을 안고 있으나 높은 제어성능을 보여주었으며, 문제점 보완을 통해 국내 트랙터에의 상품화 적용이 가능할 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

1. Deere & company Co., Ltd. homepage: <http://www.deere.com/>.
2. Keuper, G. 1999. Electro-hydraulic hitch control, ASAE 1999 annual meeting. ASAE paper No. 991070.
3. Kubota Co., Ltd. homepage: <http://www.kubota.co.jp/>.
4. Kukje machinery Co., Ltd. homepage: <http://www.kukje21.co.kr/>.
5. Lee, J. Y., Lee, S. S., Sung H. S. and Jeon C. Y. 2002. Study on a implement control system for agricultural tractors. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*. 27(6):521-528.
6. Lee, S. S., Lee, C. H., Park, W. Y., Lee, J. Y. and Mun, J. H. 2006. A Study on operating method of man-machine interface for tractor 3-point hitch. *Proceedings of the KSAM 2006 Summer Conference*. 11(2):10-14.
7. Lee, S. S., Lee, J. Y. and Mun, J. H. 2006a. Development of a draft control system for tractor using a proportional valve. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*. 31(1):9-15.
8. Lee, S. S., Lee, J. Y. and Mun, J. H. 2006b. Development of a depth and working load control system for tractor using a proportional valve. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*. 31(1):16-23.