

# 트랙터 3점 히치의 인간-기계의 상호 작동방법에 관한 연구

## Study on Man-Machine Interface Operating Method of Tractor 3-P Hitch

이상식*	이충호**	박원엽***	이재용****	문정환*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
S. S. Lee	C. H. Lee	W. Y. Park	J. Y. Lee	J. H. Mun

### 1. 서론

1960년 초반 농업기계의 시초인 동력경운기의 보급을 시작으로 1970년대에 접어들면서 농업기계의 발달은 급속도로 이루어졌다. 농업용 트랙터의 경우에는 현재 내수용뿐만 아니라 수출용 제품까지 국제 경쟁력을 가지고 있는 것이 현실이다. 또한 트랙터는 이미 보편화, 대형화 및 자동화의 방향으로 급선회한지 10여년이 되었다. 그러나 트랙터 엔진, 트랜스미션 및 샤프트 등의 발전은 급속도로 이루지고 있었지만, 작업기 제어장치에 대한 개발은 다른 선진국에 비하여 발전 속도가 늦은 것만은 사실이다.

전 세계적으로 트랙터의 작업 제어시스템은 미국, 이태리, 영국 및 일본은 최근에 전자유압을 이용한 자동 제어시스템이 적용되었지만, 대부분의 지역에서는 거의 수동 장치를 채택하고 있다. 일부에서 모터를 장착한 반자동식 장치를 일부 채용하고 있으나 조립, A/S 및 사용상의 불편함으로 거의 사용되지 않고 있는 실정이다. 또한 트랙터의 후진 상승 기능 등의 작업자의 편의성 및 작업효율의 극대화를 위한 다기능을 수요자가 요구하고 있는 실정이므로, 트랙터 작업에서 작업의 자동제어 시스템이 절실히 필요하다는 것이 대두되고 있다.

트랙터의 작업 제어시스템은 예전부터 많은 연구자들에 의해 수행되었지만, 시스템 설계 수준의 미비, 주요 부품의 내구성 문제 등으로 오랜 기간 발전을 이루지 못해 왔다. 그러나 1980년대 후반부터 반도체 산업을 발달로 제어 기술이 급진전하게 되었고, 서구를 중심으로 상용화되는 제품을 연구하기 시작하였다. Hobbs 등(1980) 많은 연구자들이 작업 제어시스템을 비례제어 밸브를 이용한 방식으로 개발하였다. 국내에서는 1997년 L사에서 솔레노이드 방식의 On/Off밸브를 이용한 제품이 개발되기 시작하였다.

트랙터의 작업 자동제어시스템은 작업방법에 따라 약간의 차이가 있다. 미국 및 유럽에서

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

\* 성균관대학교 디지털팩토리·바이오메카트로닉스센터

\*\* 전주대학교 생산디자인공학과

\*\*\* 한경대학교 기계공학과

\*\*\*\* (주)미도테크

는 위치 및 견인력제어시스템, 일본을 중심으로 한 아시아에서는 부하 및 경심제어시스템을 주로 채택하였다. 또한 부가기능은 작업지역 및 제작 업체에 따라 약간씩 차이가 있지만, 트랙터에서 채택되어진 모든 시스템은 레버, 스위치 및 조향휠 등에 의하여 조작되어진다.

그러므로 본 연구에서는 현재 선진 트랙터 생산 업체의 모든 작업 자동제어시스템을 설계 및 제작하여 트랙터 3점 히치에 대한 인간-기계 상호 작동방법의 성능실험을 통해 작업 자동제어시스템을 검증하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시스템 개요

자동제어 시스템은 그림 1에서 보는바와 같이; 1)인간의 작동에 의한 작업시의 작업조건 등의 설정 및 조작을 위한 설정/조작 패널, 2)기계의 작동에 의한 작업기 위치, 견인력, 경심 및 작업부하 등의 검출을 위한 각종 센서로 구성되는 센서부, 3)각종 센서로부터의 신호를 입력보드(A/D보드)를 통해 읽어 들여 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 제어함으로써 유압실린더의 작동 제어를 위한 각종 유압밸브 및 밸브블록으로 구성되는 유압회로 및 실린더, 5)리프트암을 통해 유압실린더와 직접 연결되어 있는 3점 히치의 5요소로 구성되어 있다.

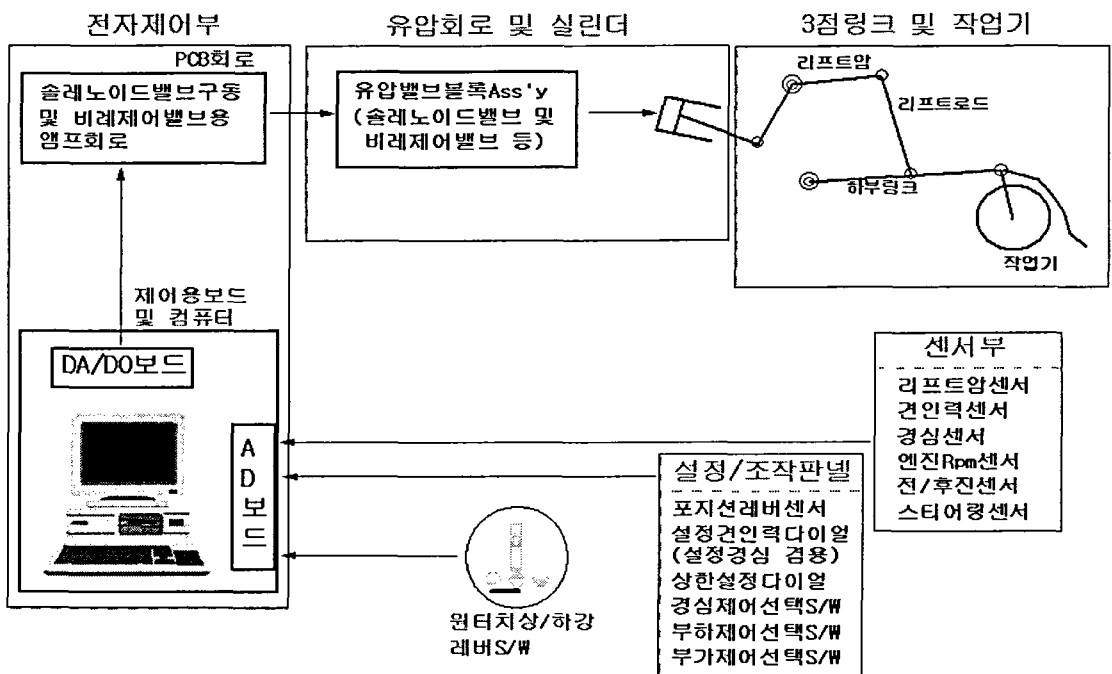


Fig. 1. Schematic diagram of system.

## 나. 실험장치

실험 장치는 각종 연산처리 및 제어를 행하기 위한 컴퓨터, 센서로부터의 신호를 읽어드리고 컴퓨터로부터의 제어신호를 출력하기 위한 컴퓨터의 확장슬롯에 장착된 입. 출력보드(A/D 및 D/A보드) 및 출력보드로부터의 제어신호에 의해 솔레노이드밸브를 작동하기 위한 콘트롤러 등으로 구성되어 있는 전자제어부, 각종 센서류(위치레버센서, 리프트암센서, 견인력센서, 경심센서, 엔진rpm센서, 후진센서 및 조향센서), 유압회로(유압밸브블록 조립체) 등이 장착된 공시트랙터 및 실험중의 각종 센서로부터의 신호를 기록하기 위한 아날로그 데이터레코더 등으로 구성하였다.

## 다. 전자제어부

전자제어부는 설정 및 조작 패널 등을 통해 운전자에 의해 설정된 각종 작업 조건 등과 각종 센서로부터의 신호를 입력포트(A/D보드)를 통해 읽어 들여 각종 연산처리를 수행한 후 설정 값과의 편차를 구해, 편차에 비례한 제어신호를 출력포트를 통해 출력하는 마이크로컴퓨터, 마이크로컴퓨터로부터의 제어 신호에 의해 솔레노이드밸브 및 비례제어밸브 등을 구동 및 제어하기 위한 비교회로, 솔레노이드밸브 구동회로 및 앰프회로 등으로 구성되는 전자회로 등의 하드웨어와 하드웨어의 제어를 위한 제어용 알고리즘 등의 소프트웨어로 구성하였다.

## 라. 제어 알고리즘

마이크로컴퓨터는 트랙터의 시동과 동시에 초기화를 수행한 후에 위치레버와 리프트암 위치의 불일치로 인한 오작동 방지 및 안전성의 확보를 위한 체크기능을 수행하게 된다. 체크기능이 완료되면 마이크로컴퓨터는 우선 패널의 조작상태를 체크한 후, 패널스위치가 ON상태이면 리프트암 상한설정다이얼에 의해 설정된 리프트암의 위치까지 작업기가 한 번에 상승하는 리프트암 상한 제어 모드를 수행하게 된다. 또한 부가 제어스위치가 ON상태에서 후진 및 조향 센서가 ON상태이면 리프트암 상한 제어 모드를 수행하여 리프트암 상한 설정다이얼에 의해 설정된 리프트암의 위치까지 작업기가 한 번에 상승한다. 원터치 및 부가 제어스위치가 OFF상태이면서, 견인력제어, 경심제어 및 부하제어 선택 스위치가 ON상태이면 각각의 선택 스위치에 해당하는 기본 제어모드(견인력제어, 경심제어 및 부하제어)를 수행하게 된다. 원터치, 부가제어 및 제어모드 선택스위치가 OFF상태이면 제어 시스템은 위치제어모드를 수행한다. 작업기의 상승 및 하강에서 유압시스템의 데드밴드는  $\pm 1^\circ$ 로 설정하였다.

## 마. 실험방법

위치 및 견인력, 경심 및 부하제어 및 부가제어가 가능하도록 설계된 작업기 제어시스템에서 견인력, 경심 및 부하제어 연구는 이 등(2006)에 의하여 수행되었고, 본 연구에서는 인간-기계의 상호 관계에 의해 작동되어지는 위치제어, 리프트암 상한제어, 원터치 승하강제

어 및 부가제어(후진 상승제어 및 조향 상승제어)에 대한 응답특성 및 제어성능을 규명하기 위한 실내의 응답특성실험을 수행하였다. 실내 실험은 엔진회전수 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm 및 승하강 작동각도 30°, 40°, 50°로 하여 실험하였다. 실외 실험은 주행속도 1.3 km/h, 2.3 km/h, 3.3 km/h, 4.2 km/h로 하여 실험하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 실내 실험

트랙터 시작기에 장착된 제어시스템의 리프트암 상한제어, 윈터치 승하강제어, 부가제어(후진 상승제어 및 조향 상승제어)의 제어성능을 규명함으로써 문제점을 보완하고, 포장에서의 성능실험에 대비하기 위해 설계된 제어시스템에 대한 실내에서의 제어성능실험을 수행하였다.

리프트암 상한 제어는 윈터치 승하강제어 및 부가제어(후진 상승제어 및 조향 상승제어)에 적용되는 제어로, 경운작업 중 조작스위치의 조작 또는 후진 및 조향센서의 ON/OFF신호에 의해 작업기가 한 번에 설정된 리프트암 상한위치까지 상승하고, 위치레버 위치까지 하강한다. 리프트암의 상한위치는 콘트롤러 패널의 상한위치다이얼에 의해, 하강위치는 위치레버에 의해 조절된다.

부가제어(후진 상승제어 및 조향 상승제어)는 실험 조건하에서 선택 스위치, 후진 및 조향센서의 조작과 리프트암 상한위치 설정다이얼의 조작에 의해 성능실험이 수행하였다. 실험 결과는 상승시의 정상편차 평균 0.26°, 하강시는 평균 0.76°임을 알 수 있었다.

리프트암 상한제어에서의 리프트암 상한 설정값 변화에 대한 실험을 하였다. 실험결과는 리프트암 상한제어시의 리프트암 상한 설정다이얼의 변화에도 작업기가 잘 추종하였고, 리프트암이 안정된 상태인 정상편차는 상승이 평균 0.7°, 하강이 평균 0.8°로 나타났다.

#### 나. 실외 실험

포장에서 실제 쟁기와 로타리 작업기에 의한 경운 작업 중, 제작된 자동제어시스템의 실포장에서의 제어성능을 규명하기 위해 포장실험이 수행하였다. 실험은 실험조건에서 임의의 작업 깊이로 시작기가 인위적으로 만들어진 불균일한 포장 면을 주행 작업하면서 수행하였다. 위치제어를 위한 레버 작동에서 작업기 상승의 경우는 주행속도에 관계없이 정상편차가 평균 0.6°이고, 하강의 경우는 평균 0.1°로 작업 중의 토양 반력 등에 의한 영향 없이 제어가 잘 되고 있음을 알 수 있었다.

그림 2는 대표적으로 주행속도 2.3 km/h, 상한 설정치 20°, 위치레버 -2°에서의 로타리작업기에 의한 윈터치 승하강제어의 실험결과를 보여주고 있다. 윈터치 스위치의 ON(OV)과 함께 리프트암이 상한설정 위치까지 한 번에 상승하고, OFF와 함께 위치레버의 위치까지 한 번에 하강함을 알 수 있었다. 그리고 후진 및 조향 상승제어 실험에서 정상편차는 주행속도에 및 상승, 하강에 관계없이 평균 0.3°에서 0.6°의 범위 내에 있었다.

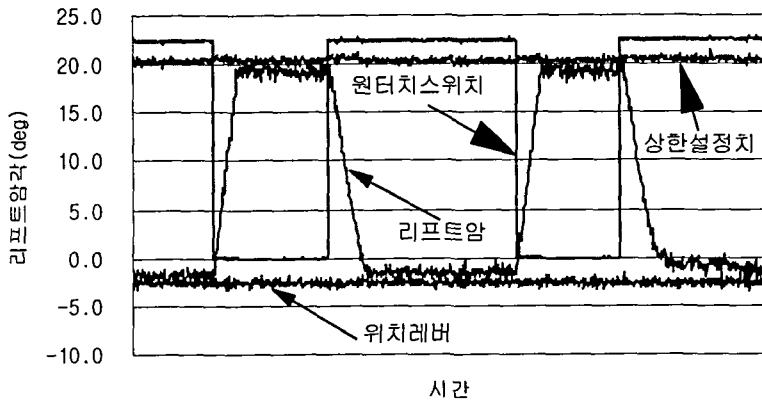


Fig. 2 Response property result of one touch control.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서 개발된 트랙터의 작업 자동제어시스템에서 트랙터 3점 히치의 인간-기계의 상호 작동방법 중 위치제어, 리프트암 상한제어, 원터치 승하강제어 및 부가제어(후진 상승제어 및 조향 상승제어)에 대한 응답특성 및 제어성능을 규명한 결과, 시스템이 안정적으로 작동함을 알 수가 있었다. 그리고 모든 제어 기능에서 응답시스템의 정상편차가 유압시스템의 데드밴드  $\pm 1^\circ$  이내로 나타났고, 이는 시스템 데드밴드가  $\pm 1^\circ$ 이므로 정상적으로 동작함을 알 수가 있었다.

#### 5. 참고문헌

1. John Hobbs and H.Hesse, 1980, Electronic/hydraulic hitch control for agricultural tractors, SAE paper No.801018
2. 이상식, 이제용, 문정환, 2006, 비례밸브를 이용한 트랙터 견인력 제어시스템 개발, 바이오시스템공학회지, 31(1):9-15
3. 이상식, 이제용, 문정환, 2006, 비례밸브를 이용한 트랙터 경심 및 부하제어시스템 개발, 바이오시스템공학회지, 31(1):16-23