

Self-leveling 주행 제어시스템 개발+

Development of Self-leveling Vehicle Control System

오기석*	이상식*	김의한*	황헌**	이제용***
	정희원	정희원	정희원	정희원
K.S.Oh	S.S.Lee	E.H.Kim	H.Hwang	J.Y.Lee

1. 서론

한국은 국토의 약 70%정도가 산지이고 약 25%정도가 평지로 구성되어 있으며 산업화, 도시화로 인해 농경지가 줄어들고 있는 실정이다. 그래서 식량자급이 어렵게 되어 수입 의존도가 증가할 것이므로 경사지를 이용하여 농경지를 확대하여야 하겠다.

건설부 토지분류에서 전 국토면적의 경사도중 5° 미만은 약 21.1%이므로 5° 이상의 토지인 78.9%중 농경지가 가능한 경사지에 해당하는 면적에서 트랙터로 작업을 하면 작업자의 위험부담뿐만 아니라 작업의 효율이 현격히 떨어질 것이다. 현재 일반 트랙터로 작업을 하는 범위는 전답, 과수 및 초지 등의 경운 및 관리용 차량으로 많이 사용되고 있다. 그런데 모든 작업의 조건이 동일한 것이 아니라 예를 들면, 경사지 작업과 같은 열악한 조건에서도 작업을 할 경우가 종종 있다. 그러므로 일반형 트랙터로 작업을 하기가 힘들기 때문에 경사지용 트랙터가 요구된다. 국내에서는 거의 연구가 행해지고 있지 않은 실정이며, 국외에서는 구미 및 일본을 중심으로 활발한 연구활동이 행해지고 있다.

경지규모가 적은 한국에서는 대형트랙터보다는 소, 중형트랙터가 적당할 것으로 판단되고, 한국과 농업환경이 비슷한 일본의 경우 1996년 트랙터 생산량의 약 77%가 30마력 이하의 트랙터가 주류를 이루고 있다. 특히 밭, 과수 등과 같은 경사지농업의 경우에는 대 구획화가 불가능하며 소규모로서 분산된 형태를 취하고 있으므로 대형트랙터보다는 소형 트랙터가 적당하다고 보겠다.

농경지로서 적합한 경사도는 0° - 14° 이고, 과수원 또는 집약적 초지에 적합한 경사도는 15° - 19° 이다. 그리고 경사도 19° 이하의 토지에서는 전 국토 면적의 60%에 해당된다. 따라서, 본 연구에서는 경사지용 트랙터를 경사도 14° 의 경사지에서 수평을 유지할 수 있는 사양으로 개발하였고, 전륜은 센터핀 방식, 후륜은 단축식으로 설계된 경사지용 트랙터를 개발하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 설계 및 제작

+ 이 연구는 농림부특정연구개발사업 연구비 지원으로 수행되었습.

* : (주) LG전선 기계부문

** : 성균관대학교 생물기전공학과

*** : (주) 립스코 기술연구소

1) 주행 구동계의 시스템 구성

자세 제어 주행 장치의 제어 대상인 주행 구동계의 전체적인 구조는 그림 1과 같다. 전륜은 차체의 중간 지점을 기점으로 좌우 롤링운동을 하는 센터핀 방식으로 하였고, 후륜은 전자 유압 시스템을 적용한 단축식으로 개발하였다.

경사지용 트랙터에 적용할 후륜 구조는 단축식으로 그림 2와 같으며 트랙터가 항상 주행 노면에 대해 수평 또는 설정 자세각으로 유지하기 위해서는 트랙터 차체 롤링에 의한 차체의 자세각 변화분 만큼 실린더를 전, 후진 시켜 제어한다. 그리고 차체를 수평으로 자세 제어하기 위한 자세각은 차체 롤링각 및 실린더 변위 함수로서 다음 식 (1)에 나타낼 수 있다.

$$\theta = \theta_{rolling} + \theta_{cylinder} \quad (1)$$

여기서, θ : 트랙터 차체의 자세각

$\theta_{rolling}$: 트랙터 차체의 롤링에 의한 자세각

$\theta_{cylinder}$: 실린더 변위 변화에 의한 트랙터 차체의 자세각

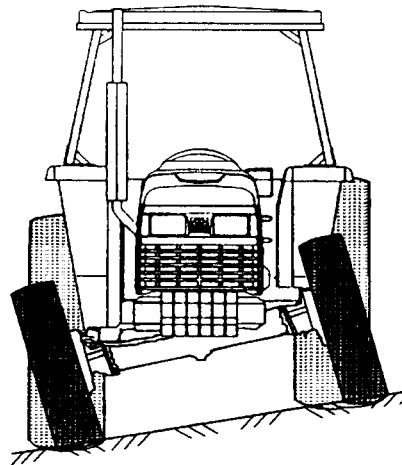


Fig. 1. Schematic of Slope Tractor.

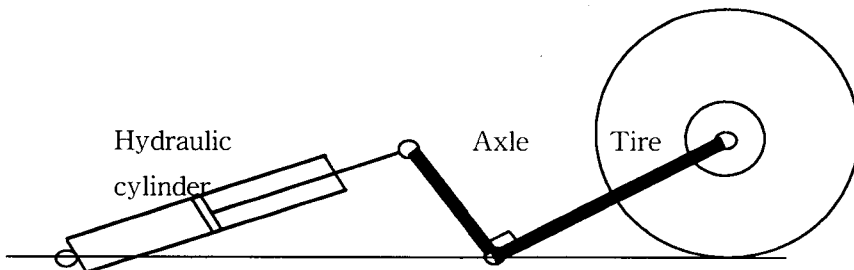


Fig.2 Schematic of rear axle of tractor.

2) 제어시스템

차체를 수평으로 유지하도록 하는 제어 시스템은 크게 그림 3과 같이 (1) 트랙터의 설정 자세각 및 불감대 설정을 위한 설정부 (2) 트랙터의 차체 롤링각을 측정하는 경사각 센서 및 뒷차축을 구동하는 유압 실린더의 변위 검출을 위한 실린더 변위 센서의 검출부 (3) 센서로부터의 신호 및 각종 연산 처리 등을 행하며 출력 포트를 통해 솔레노이드 밸브 구동 회로에 제어 신호를 출력하는 제어부 (4) 유압펌프, 유압회로 등으로 구성된 차축과 연결된 유압 실린더의 구동을 위한 작동부 (5) 유압 실린더, 단축형의 차축으로 구성된 제어대상의 5부분으로 구성하였다.

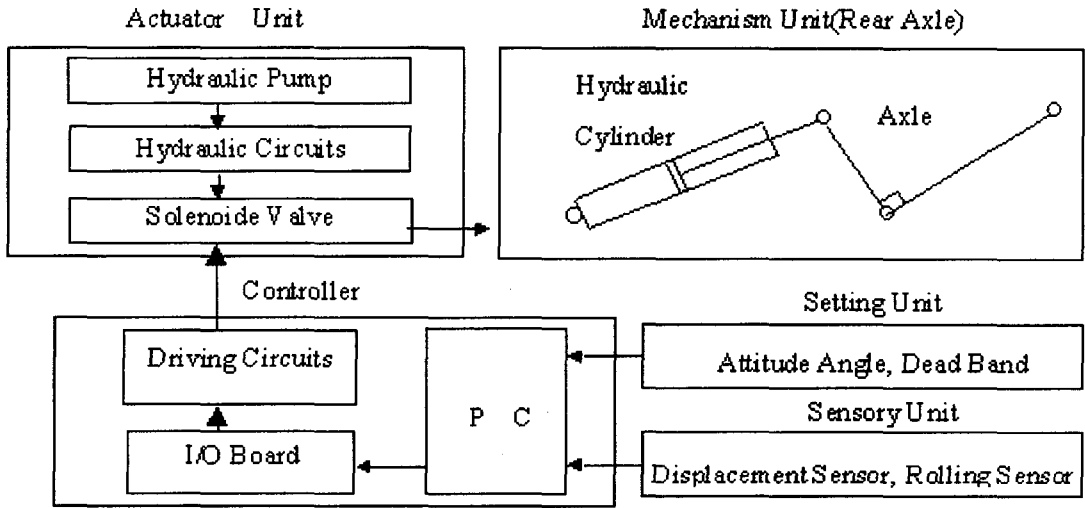


Fig. 3. Schematic of Control System.

3) 제어 알고리즘

그림 4는 컴퓨터 제어 시스템의 흐름도를 보여준다. 제어 시스템은 일정 시간 간격으로 경사각 센서와 유압 실린더의 변위 센서로부터 신호를 읽어, 차체의 수평 유지를 위한 자세각을 계산하여 이 값에 비례한 제어 신호를 컴퓨터의 출력 포트를 통해 솔레노이드 밸브 구동 회로에 출력하고 솔레노이드 밸브를 제어하여 유압 실린더의 피스톤을 전, 후진 시켜 자세를 제어한다. 그림 5는 제어 시스템의 블록 선도를 보여주고 있다. 자세 제어를 하기 위해서 입력 경사각에 따른 수평 설정값을 실린더 구동변위로 계산하여 입력하였다.

4) 유압 장치

제어 시스템의 액추에이터인 유압 실린더를 포함한 유압 회로의 구성도는 그림 6과 같다. 유압 회로는 유압 실린더에 오일 공급을 위한 1개의 유압 펌프(약 32lpm / 2500 rpm), 3방향 솔레노이드 밸브, 압력 설정을 위한 릴리프 밸브, 유압 실린더에의 공급 유량 조절을 위한 밸브, 하강시의 유량 조절과 안전을 위한 유량 조절 밸브 및 체크 밸브로 구성되어 있다.

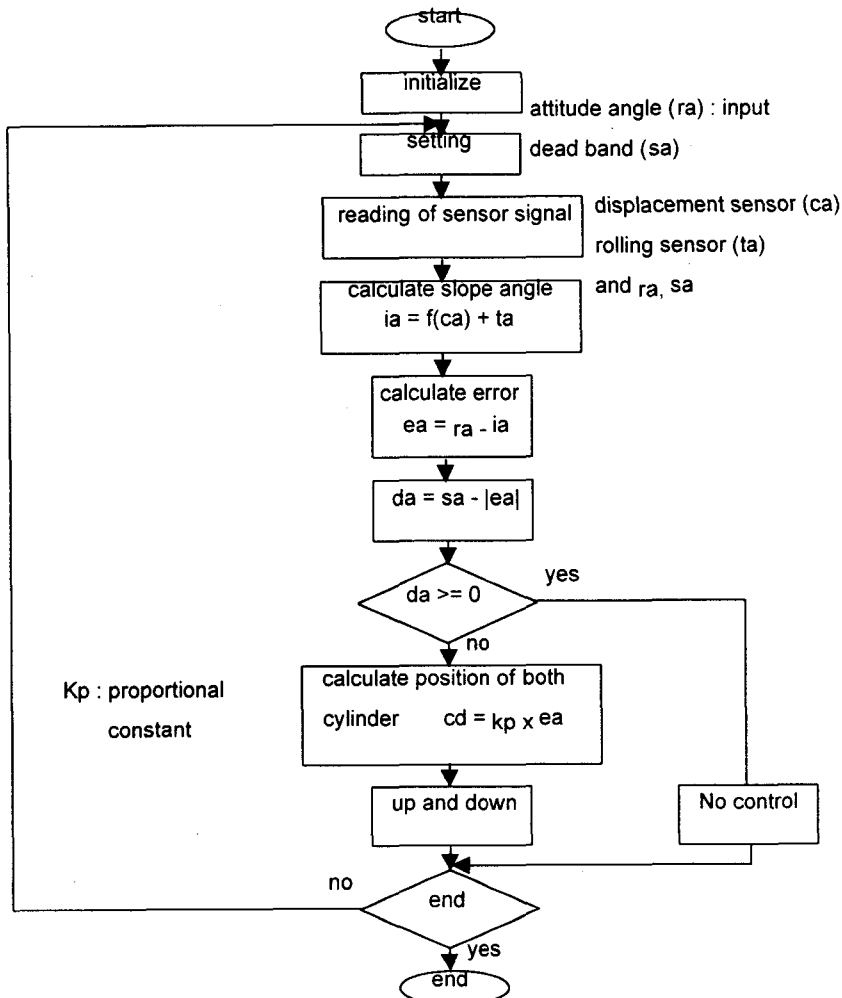


Fig. 4. Flow Chart of Control System.

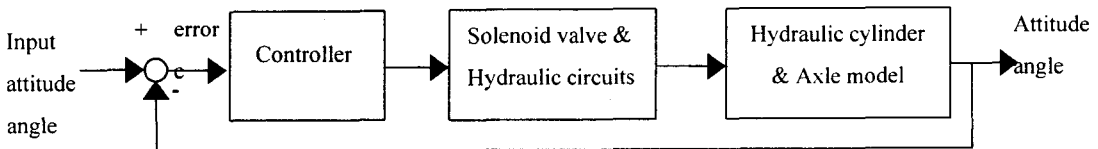


Fig. 5. Block diagram of the system control.

제어 시스템의 제어 대상인 단축부 제어를 위한 유압 실린더의 작동은 솔레노이드 밸브 구동 회로로 부터의 ON/OFF 신호에 의해 솔레노이드 밸브(SV)가 제어됨으로써 이루어진다. 유압 실린더는 복동식 실린더를 사용하였으며, 유압 실린더를 제어하는 솔레노이드 밸브의 응답특성은 열림 시간이 30msec이고 닫힘 시간은 10msec이다.

나. 실험 방법

실험 포장은 일반 초지에서 수행하였고, 트랙터의 유량은 10lpm으로 고정하였으며 트랙터 주행 속도를 1km, 2km, 3km, 4km로 하였다. 그리고 주행 각도를 7°, 12°로 하였으며 각 센서로부터의 신호를 데이터 레코드를 통하여 수집한 다음, A/D보드 및 컴퓨터에 의해 데이터를 처리하였다.

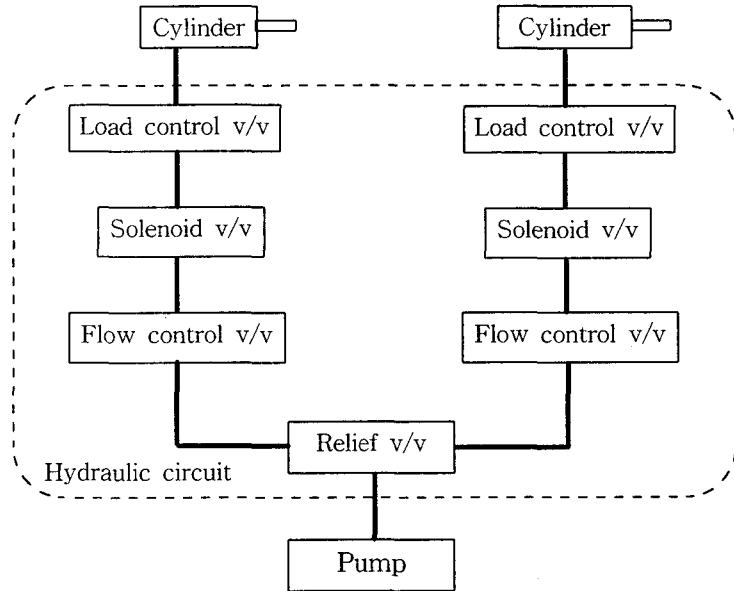
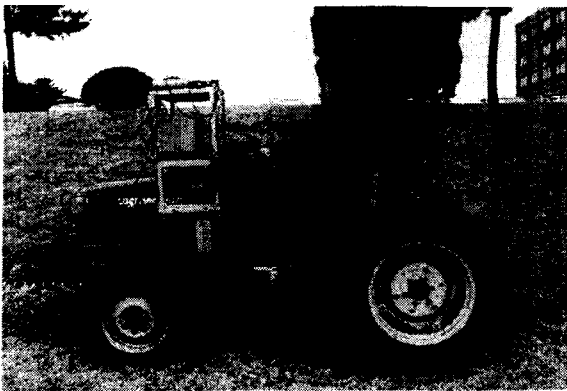


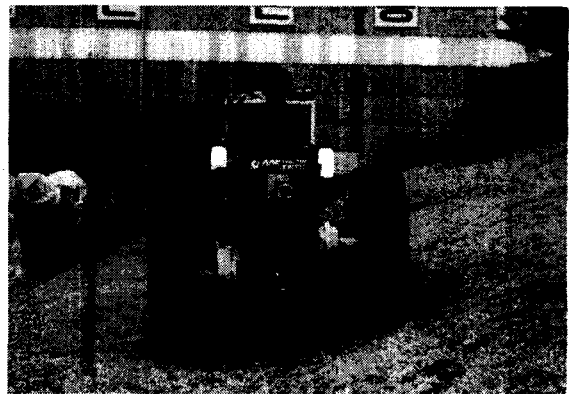
Fig. 6. Drawing of Hydraulic System.

3. 결과 및 고찰

그림 7은 경사지용 트랙터의 제어 시스템이 작동하면서 경사도가 약 12°인 경사지를 주행할 때의 상태를 보여주고 있다. 본 연구에서 수행한 실험장치를 이용한 실험에서 대표적



(a) Side View



(b) Rear View

Fig. 7. Photo of slope tractor.

으로 유량 $10lpm$, 트랙터 주행 속도 $3.6km/hr$ 와 주행 각도 12° 에서의 조건하에서 실험 결과를 그림 8에 예시하였다. 그림 8에서 경사지에서의 주행에 제어 시스템이 작 작동하고 있음을 알 수 있었다.

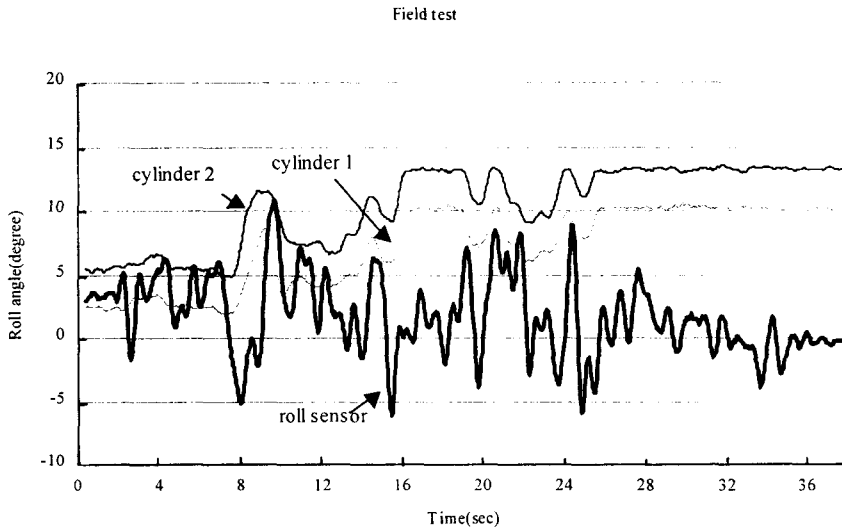


Fig. 8. Graph of control system under the angle of 12° and travelling speed of about $3.6km/hr$

4. 요약 및 결론

본 연구는 경사지에서 수평 자세 제어가 가능한 경사지용 트랙터를 개발하고, 이에 대한 주행 성능실험을 하였다.

1. 앞차축은 수동으로 작동되는 구조인 센터핀 방식을 채택하였고 뒷차축은 전자 유압 제어가 가능한 단축형으로 설계 제작하였다.
2. 제어 알고리즘은 비례 제어를 하였으며 또한 피드백 보정 제어가 가능하도록 구성하였다.
3. 제어장치는 약 $\pm 1^\circ$ 의 불감대 영역을 가지며 제어신호에 대한 약간의 응답 지연이 있다.

5. 참고문헌

1. Isao, Tajiri. Kunio, Sato. Osamu, Kitani. 1988. Research on attitude control of tractors for sloping ground(part 1) - A machine manufactured for trial and its behavior - . JSAE. 50(6):35-44.
2. Akifumi, Fukuda. Kouichi, Ichihara. Kazusi, Asahi. Masahiro, Mozuna. 1990. The automatic attitude control of hillside tractor for forestry use. JJFS. 72(3):239-246.
3. Neumeier, K. 1970. Cross-country vehicle with auto-matic inclination compensation. J. Terramechanics. 7(1):9-17.