

자율주행 트랙터를 위한 모터식 핸들 및 페달 제어 시스템 모듈 개발

김종빈¹⁾, 김영일²⁾, 문희준²⁾, 조재민¹⁾, 최정진³⁾, 최정현¹⁾
계명대학교 자동차공학과¹⁾, 계명대학교 기계공학과²⁾, 계명대학교 산학협력단³⁾

Application of Retrofit Steering and Pedal Control Modules for Autonomous Tractor

Jongbin Kim¹⁾ · Youngil Kim²⁾ · Huijun Moon²⁾ ·

Jaemin Cho¹⁾ · Jungjin Choi³⁾ · Junghyun Choi¹⁾

¹⁾ Department of Automotive Engineering Keimyung University, Daegu, Korea

²⁾ Department of Mechanical Engineering Keimyung University, Daegu, Korea

³⁾ Industry-Academic Cooperation Foundation Keimyung University, Daegu, Korea

Abstract : This study is focused on the development of a steering and pedal control module for autonomous tractor technology. The existing mechanical and hydraulic control systems are converted into electronic control systems. The developed modules are integrated with disturbance observers and admittance controllers to achieve stable autonomous operation that adapts to the dynamic characteristics of agricultural environments. The Steering and pedal modules are supporting smooth transitions between manual and autonomous modes, offering versatility applicable to various agricultural machines. The results of this research are expected to contribute to improved agricultural productivity and enhanced labor conditions in the field.

Key words : Autonomous Tractor (자율주행 트랙터), Electrification System (전기화 시스템), module development (모듈 개발), Hybrid Mode (하이브리드 모드), Precision Agriculture (정밀 농업)

* 교신저자, E-mail: jh.choi@kmu.ac.kr

1. 서론

자율주행 트랙터 기술은 정밀 농업과 농작업에 효율성 증가를 위한 핵심으로 각광받고 있다. 기존의 트랙터는 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 인적오류로 인한 작업의 정확도 하락, 야간에 작업 시 여러 안전 문제가 생겨 주요 단점으로 지적되었다.

본 연구에서 트랙터의 문제점을 보완하고 자율주행 시스템으로 변환하기 위한 핸들, 페달 조작 모듈 개발에 초점을 두고 있다. 기존의 핸들, 페달을 새로 개발한 모터식 핸들 모듈을 적용시켜 자율주행 트랙터의 효율성과 정확성을 증가시키는 것에 초점을 둔다. 기술적 접근 방식은 기존의 기계식, 유압 제어 시스템을 전자 제어 시스템으로 전환하는 x-by-wire 기술과 Labview 그래픽 기반 프로그래밍 기술을 제공하고 복잡한 제어 알고리즘의 구현과 실시간으

로 데이터 처리를 수월하게 할 수 있게 한다. 본 논문에서는 이러한 핸들 페달 조작 모듈의 설계, 구현, 그리고 성능 평가 과정을 자세히 기술하고자 한다. 이를 통해 자율주행 트랙터 기술의 발전에 기여하고 농업 생산성 향상과 농업 노동 환경 개선에 도움을 주고자 한다.

2. 핸들, 페달 모듈 소개

2.1 핸들 모듈

핸들 모듈은 농업용 기계에 자율주행 기능을 통합하기 위해 설계된 핵심적인 요소로, 전용구동기를 통해 세밀한 조향 각도를 생성한다. 모듈의 전체적인 시스템은 (Fig. 1)과 같다. 기존 조향 휠을 변환하여 높이 변화를 최소화함으로써 마찰을 감소시키기 위해 롤러를 장착하였다.



Fig. 1 Steering Module



Fig. 2 Pedal module

2.2 페달 모듈

이 모듈은 맥스모터를 주축으로 페달 제어 모듈을 합한 브레이크 모듈이다. 모듈의 전체적인 시스템은 (Fig. 2)과 같다. 브레이크 페달 장치에 맥스 모터를 주축으로 페달 푸시 링크를 통하여 마찰을 최대한 줄이며 제동력이 전달된다.

3. 농업 기계 제어 알고리즘

자율 농업 기계에 적용이 가능할 수 있는 조향, 제동 모듈의 제어 알고리즘을 설명을 하고, 시스템의 안정성과 정밀도를 증가시키기 위한 실험을 진행한다. 기존 농업용 기계는 유압 시스템을 사용하였지만 현재까지 수동적인 힘의 개입이 필요한 상황이다.

외란 관측기(Disturbance Observer)를 사용하여 조향 각도와 실제 각도 간의 차이를 실시간으로 계산하고, 이를 바탕으로 외력의 측정값으로 현재 상태를 추정하며 조향 제어의 정밀도와 신뢰성을 증가시킬 수 있다. 또한, 자율 모드에서 수동 모드로 변환하거나 비상 상황에서 제어 컨트롤을 안전하게 운전자에게 넘길 수 있도록 조향 토크 감시자를 사용하였다. 이 메커니즘은 안정성, 유연성을 높이고 운전자가 차량을 신속하게 제어할 수 있도록 한다.

제동 모듈은 조향 모듈과 비슷하게 외란 감시자를 통해서 제동 반응을 정밀하게 제어가

가능하다. 제동 시스템은 자율 및 수동 작업을 모두 지원하는 admittance 제어 알고리즘을 적용하여 운전자의 페달 힘에 알맞게 대처할 수 있도록 설계되었다.

특히, 모듈 구동기의 목표 페달 각도를 달성 함으로 부드럽고 반응성이 뛰어난 제동력을 준다. 제동 제어 시스템은 페달 힘 관측기를 통해 운전자가 가하는 힘을 정확하게 측정하고, 실시간으로 제동 모듈이 반응할 수 있도록 한다.

조향 및 제동 모듈에서 외란 관측기와 admittance 제어를 합친 것은 농업 환경의 복잡하고 예측 불가능한 특성에도 불구하고 안정적인 자율 작동을 실현할 수 있게 한다. 위의 제어 알고리즘은 자율 농업 기계의 현장 작업의 효율성을 높이며 자율 시스템의 향후 개발을 위해서 견고한 기반이 제공된다.

4. 결론

본 논문에서는 기존 트랙터의 자율 주행을 위한 전기화 시스템을 제공하며, 기존의 시스템에 장착 가능한 핸들, 페달 모듈 개발을 중점으로 한다. 위의 모듈은 수동 모드와 자율 모드 간의 전환을 가능케 하여 자율 시스템의 사용성을 증가시킨다. 개발된 모듈은 특정기계에 제한되지 않고 조향 휠과 페달이 장착되어 있는 다양한 장치에 적용할 수 있다.

References

- 1) 방윤성, 정하늘, 이래경, 최정현, “Multi-purpose Mobility Platform based on Steering-Driving-Suspension Integrated Module” 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집, 제39회, pp. 882-883, (2024)
- 2) 이정민, “Mobile Agricultural Machinery Simulator Using Motion Tracking Algorithm” 전남대학교 대학원 석사학위논문, pp.1-54, (2023)