

자율주행 골프카트의 흔들림 제어를 위한 모터 서스펜션 개발

Development of Motor Suspension to Control the Sway of Autonomous driving Golf Cart

정진우, 윤상윤, 장환형, 황유신*, 이해지

Abstract Recently, with an increasing demand for golf, golf-related industries are gaining popularity, and golf carts that can replace caddies has attracted much attention. Therefore, to control the sway of the golf cart which is not commercialized, a motor suspension is attached. By this the sway of the autonomous driving golf carts is finally controlled, which also minimizes the damage to the carried contents and ensures the driving stability.

Keywords Autonomous driving, control, Motor, Suspension

1. 서론

1.1 연구 배경

코로나19가 창궐한 이후, 비교적 서로 밀접하지 않아 감염 우려가 적은 소규모 인원의 야외 운동을 선호하게 되었다고 한다. 이러한 조건들을 갖추고 있는 운동 중 하나가 골프인데, 실제로 코로나 발생 이후에 20:30대의 실내·실외 골프장을 이용하는 비율이 크게 상승하였다는 기사를 보았다. 따라서 우리는 골프장에서 사용 할 수 있는 것들에 관심을 가지게 되었고, 캐디의 역할을 대신하는 캐디로봇이 있다는 것을 알게 되었다. 그러나 지금 개발 된 캐디로봇의 경우, 지형에 따라 흔들림이 큰 것을 보고 실질적 주행에 있어 어려움이 있기에 상용화하기에는 적합하지 않다고 생각했다.

이에 따라 본 연구는 자율 주행 골프카트의 흔들림 제어를 위한 모터 서스펜션 개발을 목표로 한다.

1.2 연구 개발 목표

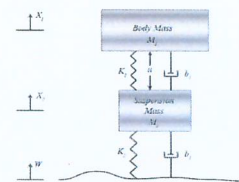
기존의 골프카트에는 서스펜션이 장착 되어 있지 않아 흔들림 제어에 있어서 효과를 크게 볼 수 없었다. 또한 시중에 존재하는 서스펜션은 대부분 차량을 위한 서스펜션으로, 골프카트에 크기가 적합하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 자율주행 골프카트의 흔들림 제어를 위한 모터 서스펜션 개발을 목표로 하여, 최종적으로 모터 서스펜션 부착을 통해 골프카트의 흔들림을 제어함으로써 카트가 운반하는 내용물의 손상을 최소화하며 주行的 안정성을 확보한다.

2. 관련 연구

2.1 액티브 서스펜션

능동형 서스펜션은 일반적인 기계식 서스펜션에 구

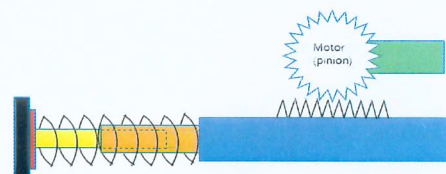
동력을 추가하여 노면에 따라 생기는 진동을 알맞게 억제해주는 서스펜션이다.



[그림 1] 능동형 서스펜션의 모델링

[그림 1]은 바디와 바퀴 사이에 구동력 u 가 추가된 모습이다. 본 연구에서는 u 를 낼 수 있는 액추에이터로써 회전형 모터를 선정하였다.

2.2 랙 앤 피니언 모델



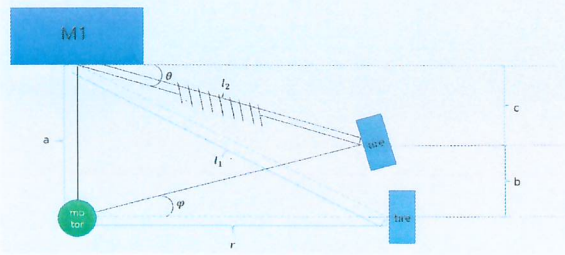
[그림 2] 랙 앤 피니언을 이용한 서스펜션 형상

가장 초기에 설정한 모델로, 회전운동을 하는 모터를 직선운동 형태로 바꾸기 위해 랙 앤 피니언을 사용하였다. 그러나 오래 사용하게 되면 기어 이빨의 마모가 일어나는 점과 외부에서 충격을 받았을 때, 스프링에서 힘을 제대로 흡수하지 못할 뿐 아니라 랙 앤 피니언 구조가 생각과는 달리 댐핑에 방해가 되는 한계점이 존재하였다. 이를 보완하기 위하여 리니어 모터를 사용하자는 의견 또한 있었지만, 고속 운동을 하는 경우에 모터 출력이 약해져 효과적인 제어가 불가능하다는 문제점이 존재하였다.

3 구현 시나리오 및 모듈

3.1 설계과정

위의 문제점을 해결하기 위해, 회전 좌표계 형식의 서스펜션을 재설계하였다.

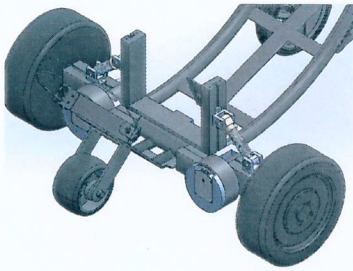


[그림 3] 모터의 회전이 추가된 모델링

[그림 3]은 [그림 1]에서 모터의 회전 운동을 고려하여 재설계한 모델링이다.

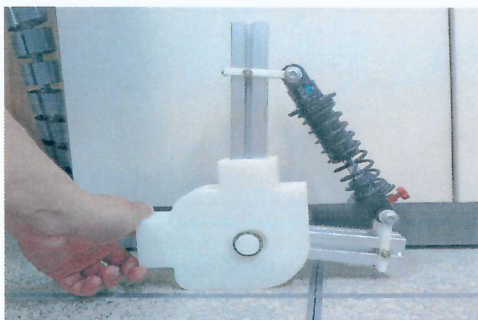
3.2 기구 모델링

[그림 3]의 모델링을 바탕으로 기구 설계모델링을 한 형상은 다음의 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 기구 설계모델링

서스펜션을 추가하기 위해 기존의 차체를 수정하여 관절의 회전을 구현했으며, 회전 관절 부근에 바를 추가하여 스프링 댐퍼를 장착할 수 있도록 설계했다. 이때, 흔들림을 제어할 수 있는 서스펜션의 최적화된 각도를 찾기 위해 레일 형식을 이용하여 서스펜션의 각도를 유동적으로 조절할 수 있게 하였다. 모터를 추가하여 스프링 댐퍼가 제어하지 못한 흔들림을 추가적으로 제어하는 방식으로 능동적으로 진동제어가 가능하도록 하였다.



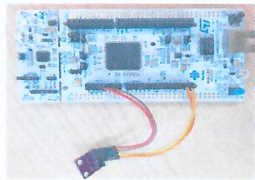
[그림 5] 프로토타입

[그림 5]는 설계한 모델링을 기반으로 프로토타입을 제작한 모습이다. 레일 형식을 활용할 수 있도록 프로파일을 사용했다.

3.3 구현 환경

CAN 통신 모듈을 구현하기 위해 STM 마이크로컨트롤러(MCU)에 고속 CAN통신 모듈을 부착한 뒤 STM32CubeIDE 프로그램을 사용하였다.

[표 1] 주요 모듈 개발 환경

구분	구현환경
	[STMicroelectronics] NUCLEO-F429ZI 32-bit CortexTM-M4, MCP2551-MODULE 고속 CAN 통신모듈

4. 한계점 및 해결 방안

4.1 비선형 방정식의 선형화 문제

직선 운동에 회전 운동이 추가된 모델을 해석하기 위해서는 새롭게 동역학 방정식을 해석해야 했다. 그 결과 도출한 방정식은 비선형 방정식이고, 흔들림 제어에 사용하는 PID 제어를 사용하기 위해서는 도출한 동역학 방정식을 이용하여 전달함수를 구해야 한다. 그 과정에서 비선형 방정식을 선형화하는 데에 어려움이 있었다. 이를 해결하기 위해서는 최소제곱법을 이용하여 선형화를 할 필요가 있다.

5. 결론

자율주행 골프카트를 위한 모터 서스펜션을 개발함에 있어서, 골프장 환경에 따라 최적화된 진동제어 능동형 서스펜션 시스템을 연구하였다. 그 과정에서 회전 운동이 들어간 동역학 모델링 해석을 통해 설계 모델링을 제작할 수 있었다.

참고문헌

- [1] CMU control tutorials for matlab and simulink - suspension modeling.
- [2] Gene F. Franklin , J. David Powell , Abbas Emami-Naeini *Feedback Control of Dynamic Systems* vol, 8 Dec, 2020.