


알파프로젝트 제안서

| | | | | | | |
|--|--------|---|-----------|---------------|---------------------|---|
| 작품(과제)명 (Project Name) | 국문명 | 전동화 차량의 에너지 효율적인 토크벡터링을 위한 모델 예측 제어 | | | | |
| | 영문명 | Model Predictive Control for Energy-Efficient Torque Vectoring in xEV | | | | |
| 팀명(Team Name) | 국문명 | evMPC | | | 영문명 | evMPC |
| | 작품제작기간 | | 2025-여름학기 | | 작품작동 여부 | <input checked="" type="checkbox"/> 작동 <input type="checkbox"/> 비작동 <input type="checkbox"/> 기타 |
| 참 가 인 원(학생) | | | | | | |
| No. | 성명 | 소속학과 | 학번 | 휴대전화 | E-mail | 역할 |
| 1 | 도준형 | 스마트모빌리티공학과 | 12214270 | 010-3518-1526 | dohjh0219@gmail.com | 팀장 |
| 2 | 구경원 | 기계공학과 | 12210262 | 010-3262-9619 | kkw9619@inha.edu | 팀원 |
| 3 | 전동재 | 전기전자공학부 | 12210572 | 010-4115-3348 | jys486077@naver.com | 팀원 |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| | | | | | | |
| <p><기업수요 프로젝트 교과목 제안서>를 작성함에 있어 제반사항을 준수할 것을 서약하며 신청합니다.</p> <p style="text-align: center;">2025년 06 월 26 일</p> <p style="text-align: right;">팀장명 : 도 준 형 </p> | | | | | | |
| <p>※ 프로젝트 제안 신청 과제별로 1건씩 작성 요망</p> <p>※ 팀원 중 팀장을 선정하고 각자 담당 역할을 역할 칸에 작성</p> <p>※ 붙임. 프로젝트 요약 계획서 1부. (5page 이내로 작성 요망)</p> | | | | | | |

2025-여름학기 프로젝트 요약 계획서

| | |
|--------------------|--|
| 팀명 | evMPC |
| 작품(과제)명 | 전동화 차량의 에너지 효율적인 토크벡터링을 위한 모델 예측 제어 |
| 1. 개발동기 및 목적, 필요성 | <p>전기차(EV)의 선회 성능 및 주행 안정성 향상을 위한 토크 벡터링(Torque Vectoring) 제어 기술은 국내외에서 활발히 연구되어 왔다. 특히 인휠 모터 기반 EV에서는 좌우 바퀴에 개별적인 토크를 인가함으로써, 차량의 선회 안정성과 조향 응답성을 효과적으로 개선할 수 있다. 그러나 이러한 주행 성능 향상을 위한 양쪽 모터 간 급격한 토크차는 각 모터가 비효율 영역에서 작동될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 전체 시스템의 에너지 효율이 떨어질 수 있으며 이것은 에너지 밀도가 낮은 EV 차량에 있어 치명적일 수 있다. 따라서 토크 벡터링 제어에서 에너지 효율을 고려한 최적화 접근은 반드시 필요하다. 이에 본 연구에서는 횡방향 주행 성능을 만족시키는 모델 예측 제어(Model Predictive Controller)를 설계하되, 비용 함수 내에 모터 효율 또는 에너지 소비 항목에 가중치를 부여하여 전체 주행 효율을 고려한 제어 전략을 제안하고자 한다.</p> |
| 2. 과제 해결 방안 및 과정 | <ul style="list-style-type: none"> - 차량 동역학 모델 수립 : 차량 동역학 모델을 수립하고, 차량의 횡방향 및 Yaw 운동을 반영한 차량 동역학 상태 방정식을 구성하여 제어 시스템의 기반을 마련한다. - 제약 조건 정의 : 토크 및 속도, 전력 제한 등 물리적, 안정성, 에너지 측면에서의 제약 조건을 정의한다. - MPC 제어기 설계 : 비용 함수를 Tracking 성능과 에너지 소비를 함께 고려하여 설계하고, 제약 조건을 포함한 예측 기반 최적화 문제로 구성한다. - Solver 기반 시뮬레이션 구현 : MATLAB 환경에서 TinyMPC, FORCESPRO 등의 솔버를 사용하여 MPC 제어기를 구현하고, 다양한 시나리오에 대해 성능을 비교 검증한다. - 임베디드 실시간 제어 구현(Processor-In-The-Loop) : Teensy 4.1 보드를 이용하여 경량화된 MPC 알고리즘을 실제 임베디드 환경에서 실행하고, 실시간 제어 가능성을 확인한다. - 스케일카 적용 : 설계한 MPC 기반 토크 벡터링 제어 알고리즘을 실제 스케일카에 적용한다. 스케일카에 탑재된 센서와 임베디드 보드를 활용하여 실시간 데이터 수집 및 제어 피드백을 구현하며, 시스템 안정성과 에너지 효율을 실험적으로 분석한다. |
| 3. 출품과제의 기술 | <p>본 과제에서는 Simulink 환경에서 차량 동역학을 선형 상태 공간 모델로 구성하고, 이를 바탕으로 MPC 제어기를 설계한 후, Embedded Coder를 통해 실시간 제어가 가능한 C 코드로 변환한다. 이 코드는 고속 연산이 가능한 Teensy 보드에 탑재되어 가상 시스템에서 토크 벡터링 제어를 수행함으로써 차량의 횡방향 안정성과 에너지 효율 확보를 검증한다.</p> |
| 4. 개념설계 및 상세설계(계산) | <p>[Vehicle Dynamics]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차량 동역학 모델 : 차량 횡방향 및 Yaw 운동을 설명하는 선형화된 Bicycle 모델 기반 - 상태 변수 : Yaw Rate, Side Slip Angle, 종방향 속도 - 토크 벡터링은 좌우 바퀴 간 토크 차이로 차량의 Yaw Moment에 영향을 주는 형태로 모델에 반영 <p>[Model Predictive Control]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제어 목적 : 차량의 횡방향 안정성 확보 및 에너지 소비 최소화 - 비용 함수 설계 : 주행 안정성 부분(Tracking Error), 에너지 최적화 부분(전력 소비) |

| | |
|---------|---|
| | => Multi-objective Cost Function으로써 주행 상황에 맞게 두 제어 목적에 가중치를 결정하도록 함. |
| 5. 기타 | |
| 6. 참고문헌 | <ul style="list-style-type: none"> - 김상혁(2022), “사륜 인휠모터 전동화 차량의 에너지 효율적인 토크 벡터링을 위한 모델 예측 제어”, 인하대학교 전기컴퓨터공학과 석사학위논문. - Cannon, M. (2023), <i>Lecture Notes: Model Predictive Control(C21)</i>, Department of Engineering Science, University of Oxford. |