|  |
| --- |
|  |
| **석사학위논문** |
|  |
| **미정(국문)** |
|  |
| **미정(영어)** |
|  |
| **김진민** |
|  |
| **한양대학교 대학원** |
|  |
| **2024년 8월** |
|  |

|  |
| --- |
|  |
| **석사학위논문** |
|  |
| **미정(국문)** |
|  |
| **미정(영어)** |
|  |
| **지도교수 조한신** |
|  |
| **이 논문을 공학 석사학위논문으로 제출합니다.** |
|  |
| **2024년 8월** |
|  |
| **한양대학교 대학원** |
|  |
| **미래자동차공학과 (미래자동차-SW 융합전공)** |
|  |
| **김진민** |
|  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | |
| **이 논문을 김진민의 석사학위 논문으로 인준함** | | | | |
|  | | | | |
| **2024년 8월** | | | | |
|  | | | | |
|  | **심사위원장:**  **심사위원:**  **심사위원:** | **유 지 형**  **윤 상 원**  **윤 영 두** |  |  |
|  | | | | |
| **한양대학교 대학원** | | | | |
|  | | | | |

차 례

[차 례 i](#_Toc159259099)

[List of Tables iii](#_Toc159259100)

[List of Figures iv](#_Toc159259101)

[국문 요지 v](#_Toc159259102)

[제1장 서 론 1](#_Toc159259103)

[1.1 연구의 배경과 필요성 1](#_Toc159259104)

[1.2 연구 목표 1](#_Toc159259105)

[1.3 논문 구성 1](#_Toc159259106)

[제2장 이론적 배경 2](#_Toc159259107)

[2.1 Torque Vectoring 2](#_Toc159259108)

[2.2 Sliding Mode Control (SMC) 3](#_Toc159259109)

[2.3 Torque vectoring 5](#_Toc159259110)

[2.4 Long Short-Term Memort(LSTM) 5](#_Toc159259111)

[2.5 Boruta Algorithm 5](#_Toc159259112)

[제 3장 비선형 예측 모델 제작 5](#_Toc159259113)

[3.1 데이터 수집 6](#_Toc159259114)

[3.2 LSTM 모델 제작 6](#_Toc159259115)

[3.2.1 LSTM 모델 크기 6](#_Toc159259116)

[3.2.1 LSTM 모델 결과 6](#_Toc159259117)

[제 4장 Simulation 진행 6](#_Toc159259118)

[제 5장 결론 6](#_Toc159259119)

[Reference 6](#_Toc159259120)

List of Tables

List of Figures

국문 요지

제1장 서 론

## 1.1 연구의 배경과 필요성

ㄴㅇㄴㅇ

## 1.2 연구 목표

ㄴㅇㄴㅇㄴㅇ

## 1.3 논문 구성

ㄴㅇㄴㅇㄴㅇㄴㅇ

제2장 이론적 배경

2장에서는 본 연구 논문을 이해하기 위해 필요한 기본적인 내용을 기술한다. 본 연구 주제인 Four Wheel Drive Vehicles 횡방향 제어 향상을 위한 Torque Vectoring 과 Sliding Mode Control(SMC)에 관한 설명과, SMC에서 발생하는 Chattering 현상의 저감을 위한 불확실성 예측 기법에 대해 설명한다.

# 2.1 Vehicle Dynamics

## 2.1.2 Vehicle Model

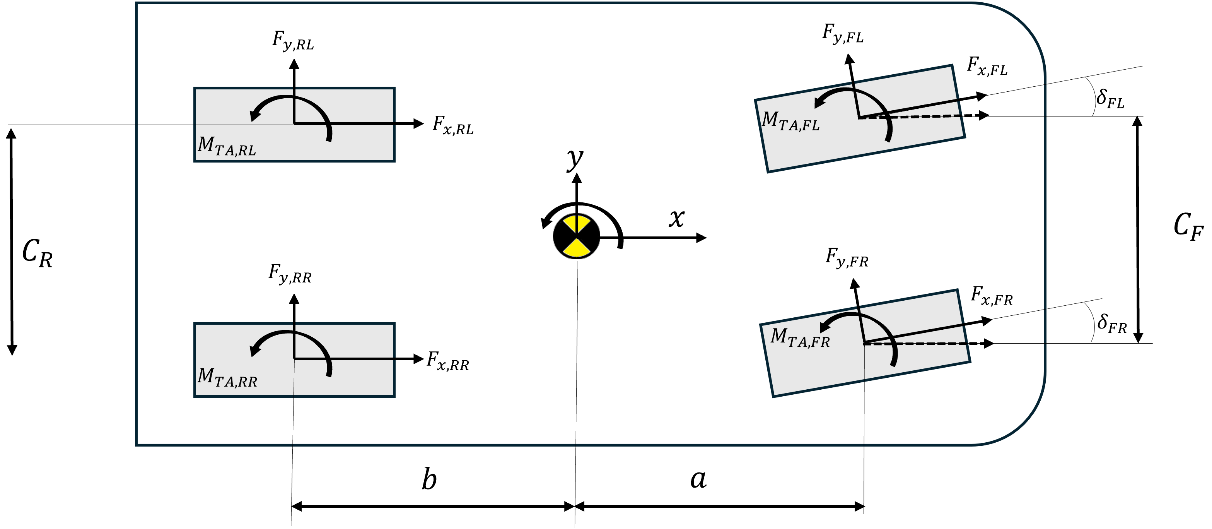
Four Wheel Drive Vehicles의 횡방향 제어를 위해서는 차량의 횡방향 운동 방정식은 식1과 같다.

[식 1]

여기서 차량의 z축 관성 모멘트, 차량의 각가속도, 4 바퀴와 지면에서 발생하는 x축 마찰력, 4 바퀴와 지면에서 발생하는 y축 마찰력, a 무게 중심과 바퀴 앞의 축 간의 거리, b 무게 중심과 바퀴 뒤의 축 간의 거리, M은 바퀴에서 발생하는 Torque Alignment, 은 각각 전륜과 후륜 바퀴 축 사이 간격을 뜻한다.

식 1에서 우변의 경우 두개로 나눌 수 있다. 식 2의 값은 모터에 출력을 조절해서 조절이 가능하고 또한 측정이 가능한 변수들로 이루어져 있다. 하지만 식 3의 경우 바퀴의 횡방향 마찰력을 포함하기 때문에 측정에 한계가 있다.

[Fig. 2.1 Top View of Vehicle]



[식 2]

[식 3]

## 2.1.3 Steering

# 2.2 Sliding Mode Control (SMC)

Sliding Mode Control(SMC)은 비선형 제어 기술 중 하나로, 외란에 강한 저항성(Robust)을 보여주는 제어 방법이다.[1] SMC의 주요 특징으로는 시스템이 원하는 성능 기준을 만족할 수 있는 Sliding Surface라는 또 하나의 state space를 정의하는 것이다. 시스템이 설정한 Sliding Surface위에 도달하면 Sliding Surface의 Boundary를 따라 미끄러지면서(Slide) 수렴하게 되는데, 이러한 과정 때문에 Sliding Surface Control라고 불러진다. SMC를 적용하기 위해서는 우선 System Modeling을 구한 후, 원하는 목적을 달성하기 위한 Sliding Surface를 정의하고 System의 안정성을 보장하기 위해 제어 값들을 설정하는 과정이 필요하다.

본 논문에서 사용하는 차량의 운동 방정식은 식1과 같다. 이를 이용하여 Sliding Surface를 설정하면 식 4와 같다. 식 4에서 는 Sliding Surface를 목표로 하는 각속도를 뜻한다. 는 식 3를 통해서 구할 수 있다. SMC에서 제어 값은 을 만족해야 한다. 식 6은 식5에서 에 식 1의 값을 대입하여 정리한 식이다. 여기서 는 외란을 정의하기 위해 추가한 변수이다. 식 7은 제어 입력 값 의 식으로 식 6에서 외란 를 제외한 후 나머지 변수들을 우변에 정리하 후 외란을 잡아줄 Switching Term 을 우변에 추가하였다.

[식 3]

[식 4]

[식 5]

[식 6]

[식 7]

설정한 제어 입력 값이 시간에 따라 수렴을 하는지 확인하기 위하여 Lyapunov stability를 실시한다. Lyapunov stability에서 locally positive definite function 는 을 만족하고, 을 만족할 때 안정성을 보장한다. [3] 으로 정의한 후, 을 만족하는 식을 찾으면 식 8과 같다. 을 만족시키기 위하여 이를 만족시키는 을 설정한다면 위의 모델은 항상 수렴할 수 있다.

[식 8]

# 2.3

Sds

# 2.4 Long Short-Term Memort(LSTM)

Sdsd

# 2.5 Boruta Algorithm

제 3장 비선형 예측 모델 제작

ㄴㅇ

# 3.1 데이터 수집

# 3.2 LSTM 모델 제작

## 3.2.1 LSTM 모델 크기

## 3.2.1 LSTM 모델 결과

제 4장 Simulation 진행

제 5장 결론

Reference