

Progress Report : Deep Learning based Vehicle Dynamics Modeling

May 21, 2024

Autonomous Mobility Systems Lab.
Department of Mechanical Engineering
Gachon University



- I. Problem Definition
- II. Overall Architecture
- III. Training Pipeline
- IV. Future Plan

I. Problem Definition



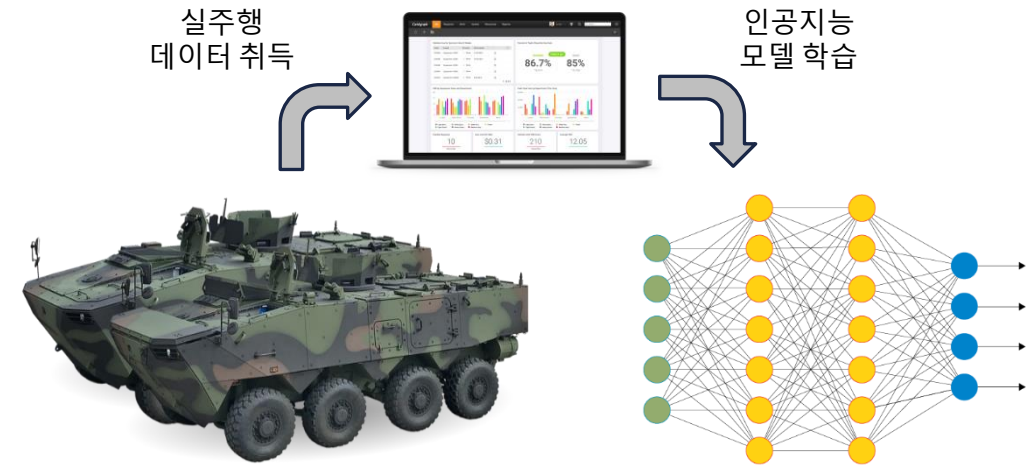
II. Overall Architecture

III. Training Pipeline

IV. Future Plan



- 모의 훈련 체계에서 높은 현실성 제공을 위해 이동체 동역학 특성이 반영된 가상 차량 개발이 필요함
- 무인 체계의 주행 환경 특성상 차량 뿐만 아니라 주행 환경과의 상호작용을 통해 발생하는 동특성이 굉장히 critical 함
- 설계 파라미터와 실주행 환경사이에 변수가 굉장히 많아 실주행 데이터 기반의 동역학 모델링을 위한 파이프라인이 필요함



- 인공지능 및 AI기반 차량 동역학 모델링을 통한 실주행 데이터 기반 파이프라인 구축
 - 실주행 데이터 기반의 방법론을 통해 충분한 scalability 확보 및 신뢰도 고도화
- 차량 특성 모듈/지면과의 상호작용 모듈이 구분된 two-stage training 아키텍처 설계를 통한 대상 차량의 주행 환경 특성 반영

I. Problem Definition

II. Overall Architecture

III. Training Pipeline

IV. Future Plan



Parameter description

- Input

- 차량 제어를 위한 운전수의 제어 입력
- 과거 특정 시점부터 현재까지의 조종 입력 값

$$X_t \Big|_{t=k-T_h\Delta t}^{t=k} = \{ \delta_t \quad u_t^{acc} \quad u_t^{brk} \} \Big|_{t=k-T_h\Delta t}^{t=k}$$

k	현재 시점의 time stamp	-
Δt	인접한 시점 사이의 time gap	-
T_h	사용하는 최대 과거시점 까지의 time stamp 개수	-
δ_t	시간 t 에서 차량의 최전방 축 타이어의 조향 각도	<ul style="list-style-type: none"> • <i>degree</i> • <i>left turn (-), right turn (+)</i>
u_t^{acc}	시간 t 에서 차량 액셀 페달의 입력량	• 0 ~ 1 (full accel)
u_t^{brk}	시간 t 에서 차량 브레이크 페달의 입력량	• 0 ~ 1 (full brake)

- Preliminary Output

- 차량 동역학 특성 모델링 모듈 학습을 위한 출력 값
- 과거 특정 시점부터 현재까지 각 time step에서 차량 상태 정보 변화량

$$\Delta y_t \Big|_{t=k-T_h\Delta t}^{t=k-\Delta t} = \{ y_{t+\Delta t} - y_t \} \Big|_{t=k-T_h\Delta t}^{t=k-\Delta t}$$

$$y_t = \{ v_t \quad \alpha_t \quad \beta_t \quad \gamma_t \}$$

v_t	시간 t 에서 차량의 속도	<ul style="list-style-type: none"> • <i>m/s</i>
α_t	시간 t 에서 차량의 Roll Rate	<ul style="list-style-type: none"> • <i>rad/s</i> • <i>left turn (+), right turn (-)</i>
β_t	시간 t 에서 차량의 Pitch Rate	<ul style="list-style-type: none"> • <i>rad/s</i> • <i>brake (+), accel (-)</i>
γ_t	시간 t 에서 차량의 Yaw Rate	<ul style="list-style-type: none"> • <i>rad/s</i> • <i>left turn (+), right turn (-)</i>

- Output :

- 최종 동역학 네트워크 출력 값
- 현재 시점에서 차량 상태 정보 변화량

$$Y_k = \Delta y_k = y_{k+\Delta t} - y_k$$

- Network Module List

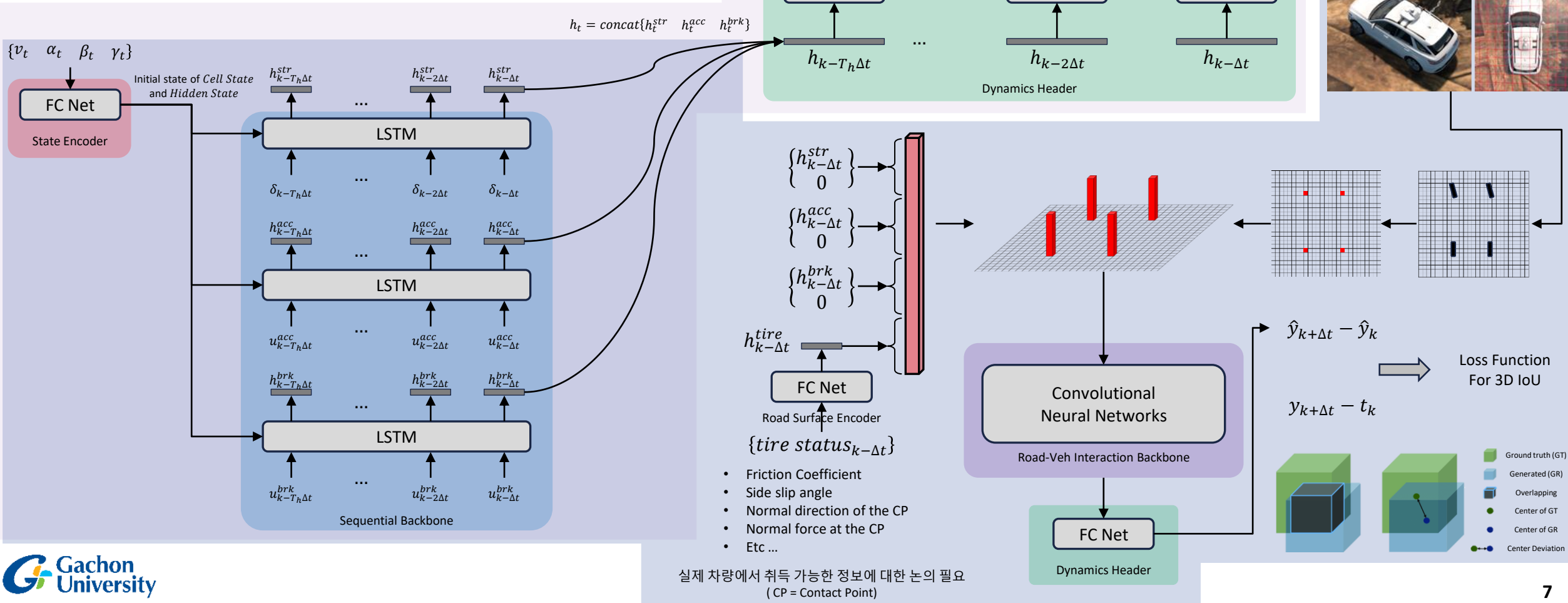
- State Encoder Network: 초기 차량 상태 정보를 인코딩 해주는 network (FC Net)
- Sequential Backbone Network: 과거 특정 시점 부터 현재까지 입력된 time serial 제어 입력값을 분석하여 동특성을 추출하기 위한 network (RNN variants e.g., LSTM, GRU)
- Road Surface Encoder Network: 차량이 주행하고 있는 노면상태를 분석 및 인코딩 해주는 network (추후 설계 예정, 각 타이어의 접점정보 활용)
- Road-Veh Interaction Backbone Network: 차량 자체의 동특성, 현재시점의 제어 입력, 노면상태를 분석하여 dynamics 특성을 추출하는 network (CNN variants)
- Dynamics Header: hidden state 로 부터 다음 time step에서의 차량의 상태정보를 추출해주는 output layer (FC Net)

Network Architecture

< Training Phase 1 : 차체 동특성 학습 >

< Training Phase 2 : 노면과의 상호작용 학습 >

- Freeze state encoder and sequential backbone

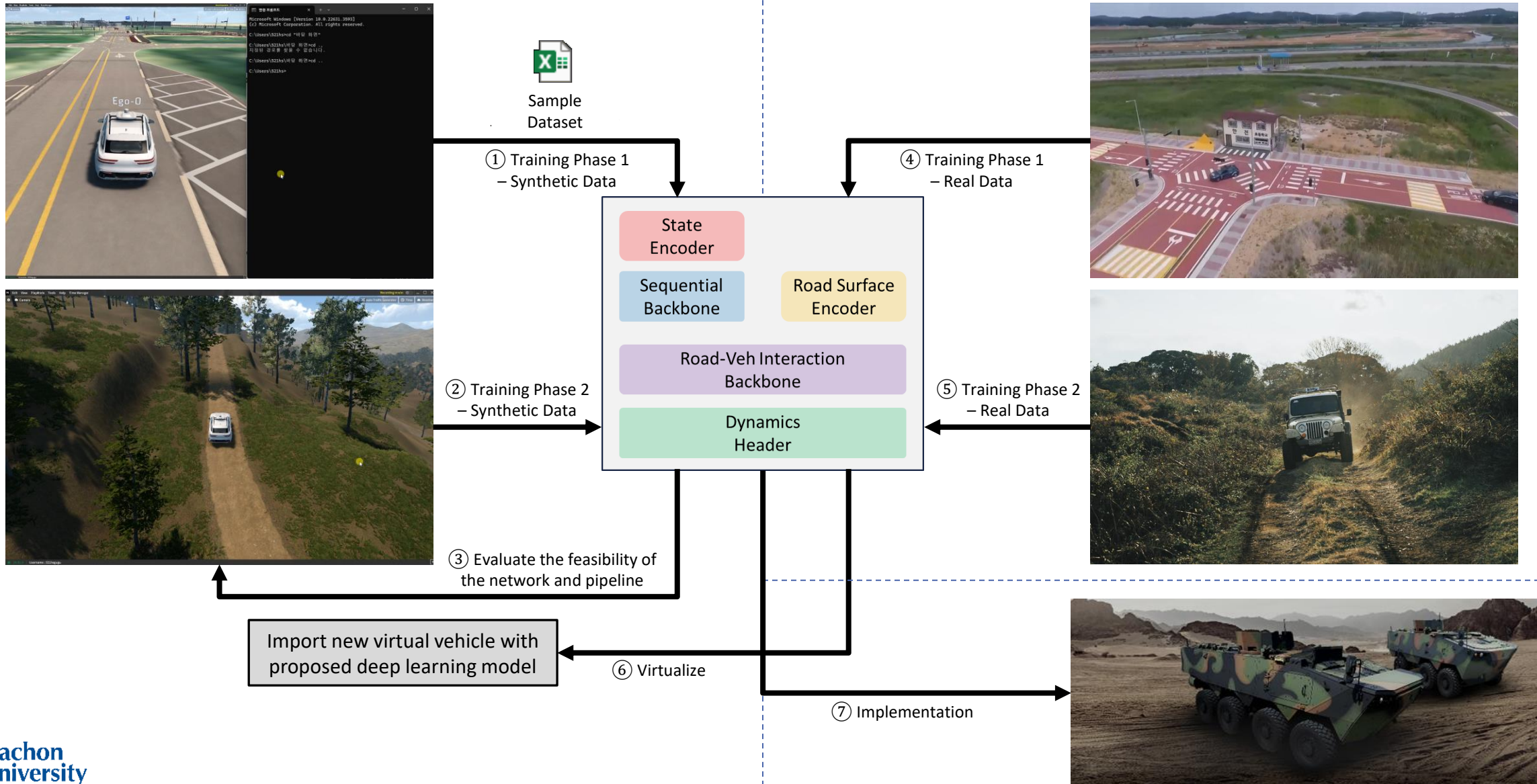


- I. Problem Definition
- II. Overall Architecture
- III. Training Pipeline
- IV. Future Plan



Virtual Environment (MORAI SIM)

Real Environment



- I. Problem Definition
- II. Overall Architecture
- III. Training Pipeline
- IV. Future Plan



- TBD on 5/20's meeting