

# SUMO – Simulation of Urban MObility

<https://scispace.com/pdf/sumo-simulation-of-urban-mobility-an-overview-1uekpg7x0w.pdf>

## 0. Introduction

- SUMO는 오픈소스 기반의 미시적 교통 시뮬레이터 (microscopic traffic simulator) 로, 개별 차량의 이동과 상호작용을 모델링할 수 있음.
- 도시 내 차량, 보행자, 대중교통 등을 포함한 멀티모드(multi-modal) 시뮬레이션이 가능하며, TraCI 인터페이스를 통해 시뮬레이션 중 실시간 제어도 지원함.
- 본 논문은 SUMO의 구조, 기능, 최근 개발 현황 및 향후 방향 등을 정리하는 것을 목적으로 함.
- 기여로는 SUMO의 아키텍처 및 주요 기능 소개, 응용 사례 제시, 확장 가능성 논의 등이 포함됨.

## 1. Overview

- SUMO는 공간적으로 연속적이고 시간적으로 이산(discrete time)인 모델링 방식을 사용함.
- 네트워크 구축, 경로 설정, 차량 흐름 생성, 교통 신호 및 인터랙션 등 여러 보조 도구 (toolkit)를 포함한 생태계를 제공함.
- 네트워크는 OpenStreetMap 등 외부 지도 데이터를 불러올 수 있으며, 시뮬레이션을 위한 다양한 입력 파일 형식을 지원함.
- TraCI (Traffic Control Interface)를 통해 외부 프로세스가 시뮬레이션을 제어하거나 데이터를 읽어올 수 있음.
- 또한 배출가스 모델링, 멀티모달 교통(대중교통, 보행자 포함) 등의 기능을 제공함.

## 2. Challenges

- 규모 확장성: 많은 차량이 동시에 존재할 경우 계산 비용이 급격히 증가함.
- 실제성(reality fidelity): 현실 교통 패턴을 정밀하게 반영하기 위한 입력 데이터의 품질이 매우 중요함.
- 동적 제어 한계: 일부 버전에서는 시뮬레이션 실행 중 파라미터를 조정하거나 행동을 변경하는 데 제약이 있음.
- 멀티모드 상호작용 복잡성: 차량, 보행자, 대중교통 등이 상호작용할 때의 복잡한 규칙 반영이 어려움.
- 확장성 및 병렬화 문제: 단일 스레드 기반의 연산 구조가 병목이 될 수 있음.
- 인터페이스 통합성: 외부 시스템(예: 네트워크 시뮬레이터, IoT 장치 등)과의 연동이 복잡할 수 있음.

### 3. Method

- 기본 아키텍처 구성요소
  - 네트워크 컴포넌트: 노드, 도로, 차선, 교차로 등
  - 차량 행동 모델: 가속/감속, 차간 거리 모델 (car-following model), 차선 변경 모델 등
  - 경로 할당 및 차량 흐름 생성
  - 교통 신호 제어 및 타이밍
  - TraCI 인터페이스: 외부 제어 및 실시간 상호작용
- 데이터 흐름 및 파이프라인
  - 네트워크 입력
  - 경로 생성 및 차량 흐름 계획
  - 시뮬레이션 단계별 차량 움직임 계산
  - 출력 / 로그 기록 및 인터랙션
- 확장 모듈
  - 배출가스 모델 (emission model)
  - 보행자 및 대중교통 모델
  - 외부 제어 모듈 (교통 신호 최적화, 동적 라우팅 등)

- 외부 연동
    - TraCI 프로토콜을 통한 외부 제어
    - 외부 지도 데이터 수입
    - 병렬화 및 성능 최적화 시도
- 

## 4. Experiments

- 시스템 기능 중심의 설명이 많으며 대규모 실험보다는 응용 사례를 일부 제시함.
- 이후 SUMO를 활용한 연구에서는 실제 도시 지도 및 교통량 데이터를 사용한 시뮬레이션 사례가 다수 존재.
- 입력 데이터는 지도, 교차로 레이아웃, 차량 흐름(OD matrix), 신호 스케줄 등을 포함함.
- 평가 지표는 평균 속도, 지연 시간, 대기 시간, 배출가스량 등이 사용됨.
- 비교 대상은 기존 신호 제어 방식, 정적 타이밍 방식, 기타 시뮬레이터 등이 있음.

## 5. Results

- SUMO의 주요 결과는 시스템 성능, 기능성, 유연성 측면에서 평가됨.
- 다양한 규모의 교통 네트워크에서도 실행이 가능하며 기능 확장이 용이함을 보임.
- 응용 연구에서는 SUMO 기반의 시뮬레이션을 통해 교통 제어, 신호 최적화, 배출가스 절감 등의 효과가 확인됨.
- 단, 시뮬레이션 모델의 단순화로 인해 실제 교통 환경과의 간극이 존재함.

## 6. Insight

- SUMO는 오픈소스 생태계를 기반으로 높은 확장성과 유연성을 제공하며 교통 연구 및 도시 시뮬레이션 분야에서 표준 도구로 자리 잡음.
- 현실 데이터의 품질과 모델의 세부 설정에 따라 결과의 신뢰도가 달라지므로, 데이터 전처리와 검증이 중요함.
- 시뮬레이션 결과를 실제 정책 결정에 적용하려면 현실 교통 환경과의 정합성을 높이는 노력이 필요함.

- 향후 방향으로는 병렬화 및 고성능 컴퓨팅 지원, 디지털 트윈 연동, 실시간 제어 기능 강화, 멀티모달 상호작용 개선 등이 제시됨.
- SUMO는 자율주행 차량, 스마트시티, 교통 인프라 관리 연구 등 다양한 응용 분야에서 핵심 플랫폼으로 활용될 가능성이 큼.