

GEdge Platform 제2회 컨퍼런스



클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 기술

2021. 7. 8.

정문영
한국전자통신연구원

ETRI **KAIST**

INNOGRAPH
CLOUD COMPUTING EXPERT

Rex Gen
INNOVATION FOR HUMAN

**NEIGHBOR
SYSTEM**

MODUTECH

대전광역시
DAEJEON METROPOLITAN CITY

세종 특별자치시

CONTENTS



- I 배경
- II 도시교통 브레인 기술 소개
 - ① 다양한 교통 데이터의 수집 및 분석
 - ② 클라우드 엣지 기반 교통상황 분석
 - ③ SALT 클라우드 기반 교통 시뮬레이터
 - ④ AI 기반 교통 신호 최적화
- III 정리

추진배경

대도시의 교통 혼잡 문제 지속적인 해결 필요

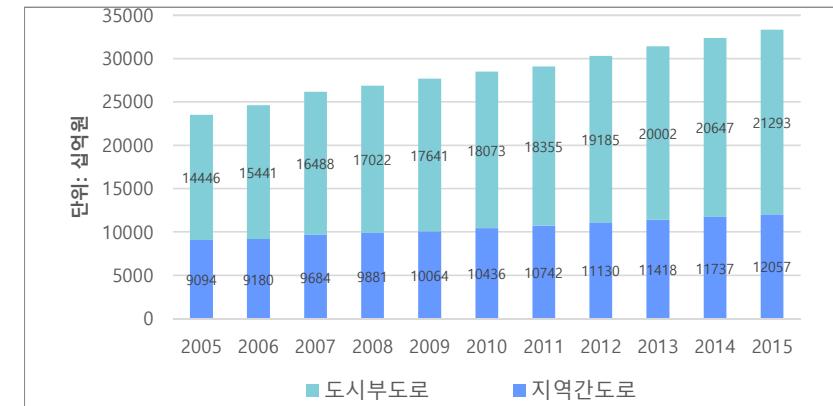
교통 혼잡 비용의 지속적인 증가



2015년 교통혼잡비용은 33조 4천억 원,
7대 도시*의 교통혼잡비용은 21조 3천억 원

* 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산

④ 교통 혼잡을 1%만 개선해도 약 3천억원 이상의 비용 절감 효과

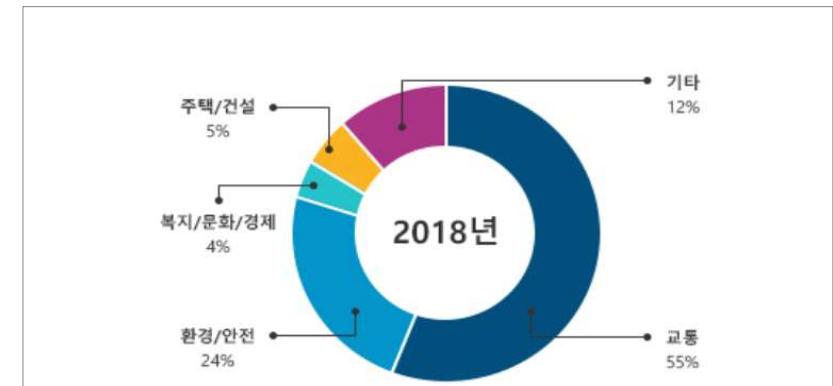


<2005~2015 교통혼잡비용 추이 및 예측>

※ 출처: 한국교통연구원 2015

시민들이 가장 불편하게 생각하는 분야 “교통”

2018년 교통분야 민원 수는 1,030,768건으로 전체의 55%



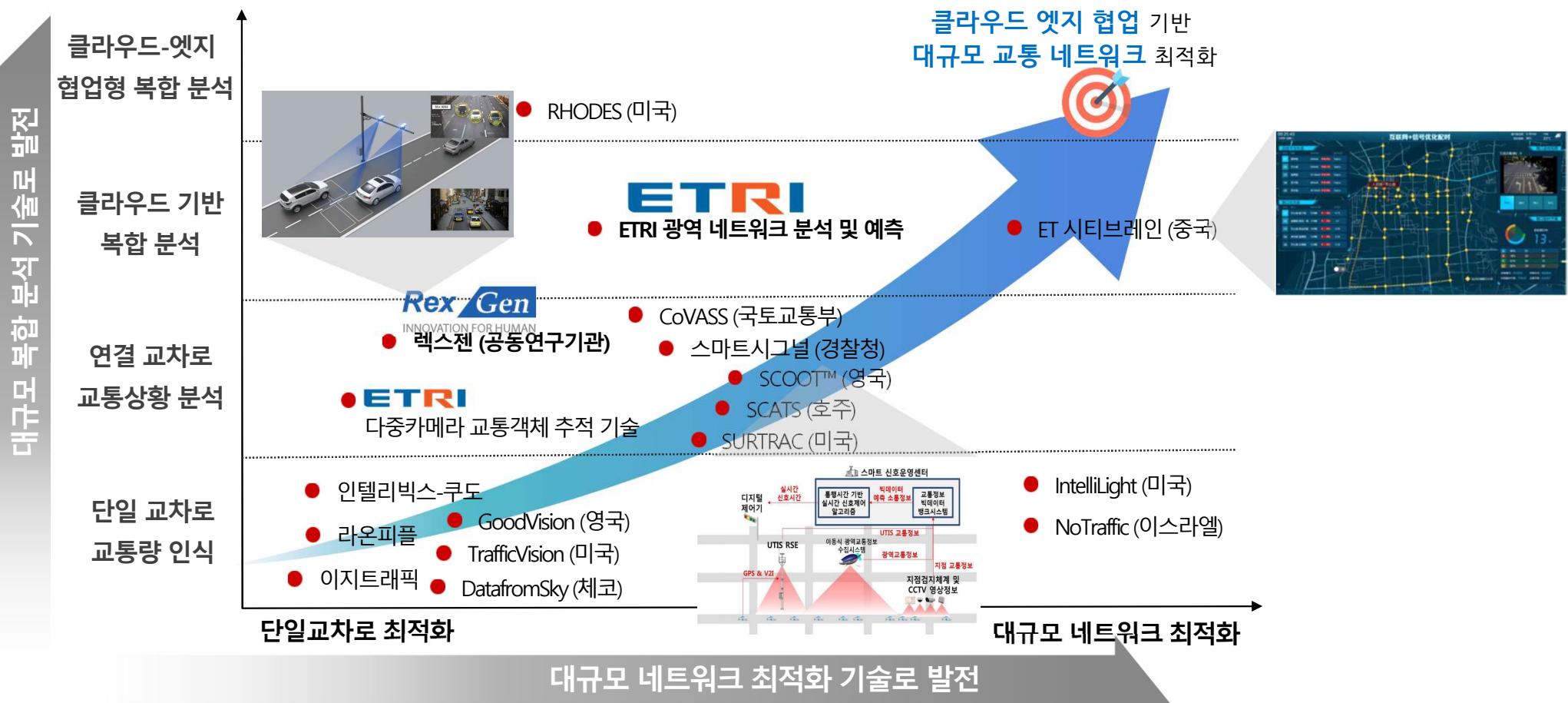
<서울시 분야별 민원 현황>

※ 출처: 서울특별시 응답소 정보광장 '응답소 민원 통계' 2018년

국내외 기술동향 (1)

✓ 교통상황 분석 및 신호최적화 기술

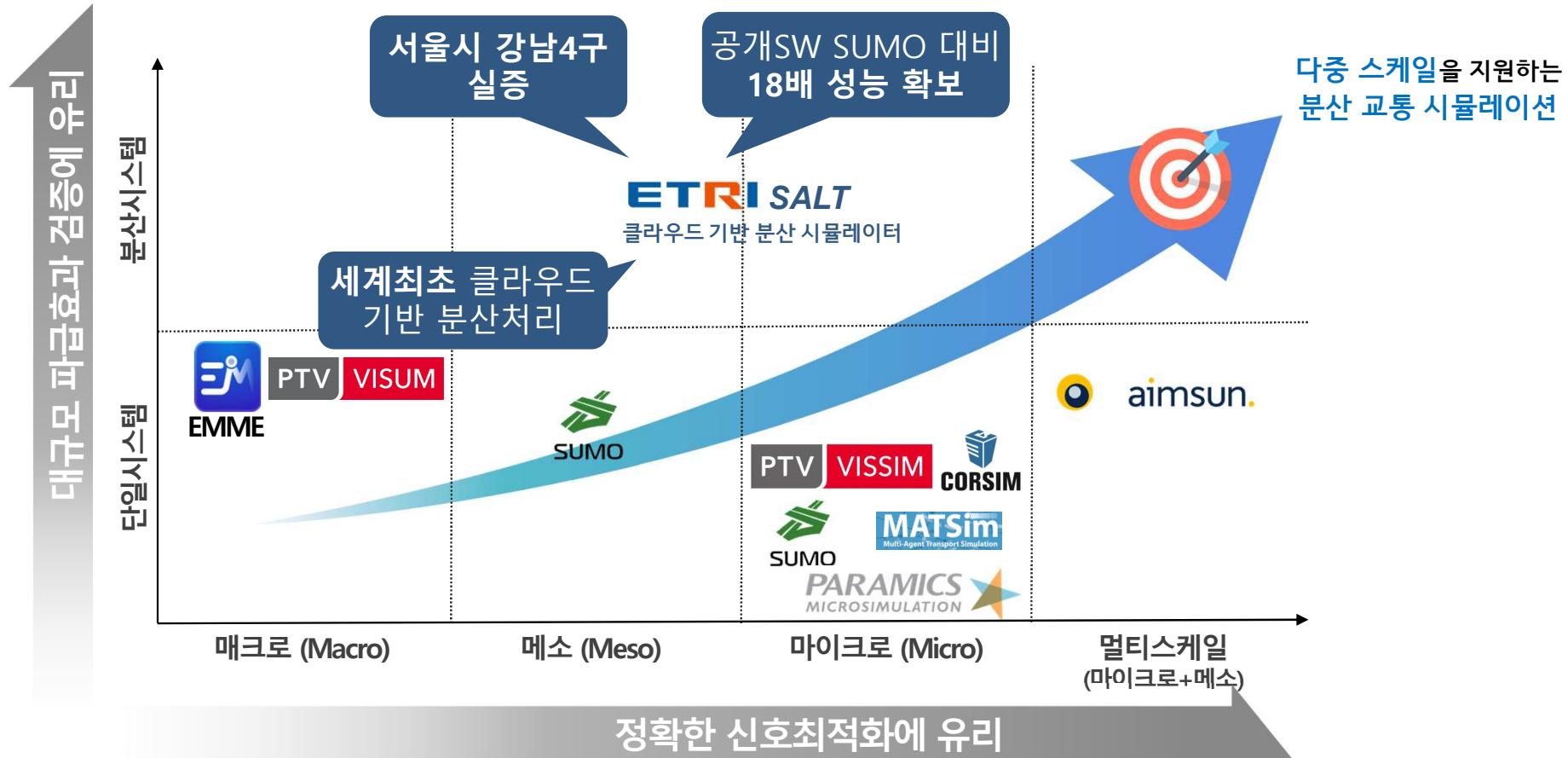
단일/다중 교차로 교통상황 분석 및 최적화에서 인공지능 기술을 활용한 교통 네트워크 최적화로 발전



국내외 기술동향 (2)

교통 시뮬레이션 기술

단일 노드 단일 스케일 지원에서 **다중 스케일**의 대규모 지원을 위한 **분산 교통 시뮬레이터**로 진화



교통 데이터의 분석, 예측, 그리고 최적화



- ✓ 한 곳이 개선되면 다른 부분이 안 좋아지는 풍선효과를 일으킬 수 있음

→ 클라우드 기반의 정확한 대규모 시뮬레이션 분산처리 및 네트워크 최적화 기술 개발



- ✓ 중앙 집중형 배치처리로는 변화하는 상황에 대한 신속한 대처 불가

→ 클라우드 엣지 기반 교통상황 실시간 복합 분석 기술 개발



- ✓ 교통량이 변화하는 상황에 적합하지 않음

→ 인공지능 기술을 활용한 대규모 네트워크 최적화 기술 개발

... 대도시의 교통 혼잡 문제 해결 ...

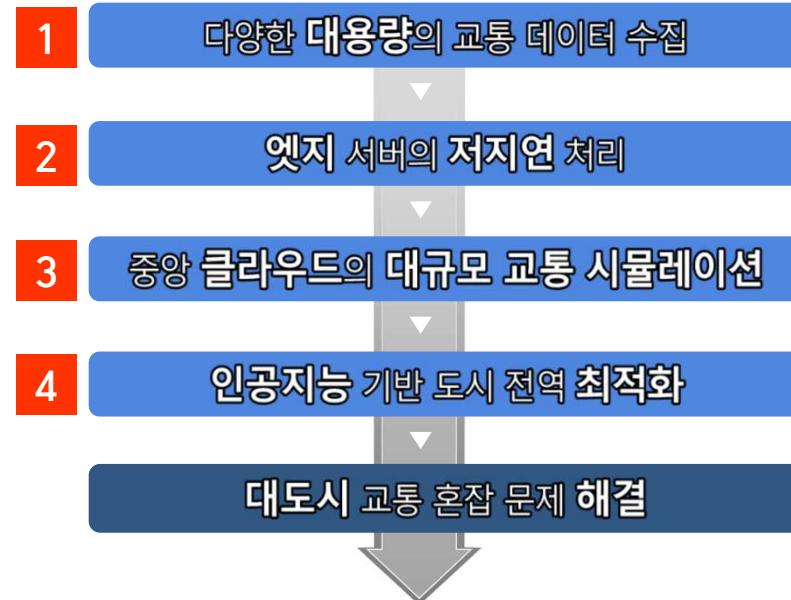
II 도시교통 브레인 기술

- ① 다양한 교통 데이터 수집 및 분석
- ② 클라우드 엣지 기반 교통상황 분석
- ③ SALT 클라우드 기반 교통
시뮬레이터
- ④ AI 기반 교통 신호 최적화



UNIQ: 도시교통 브레인 개요

대도시의 교통소통 최적화를 위해, 클라우드-엣지 기반 실시간 교통상황 분석 및 대규모 교통 시뮬레이션 분산처리를 통해 교통제어 지능을 제공하는 도시교통 브레인 시스템 개발



- ✓ 대규모 교차로 최적화
- ✓ 교통 혼잡비용 감소
- ✓ 대국민 서비스 제공
- ✓ 시민의 삶의 질 향상

[참고] 국내 교통 데이터 현황

1 2 3 4

다양한 교통 데이터 수집 및 분석

차량검지기 (VDS: Vehicle Detection System)



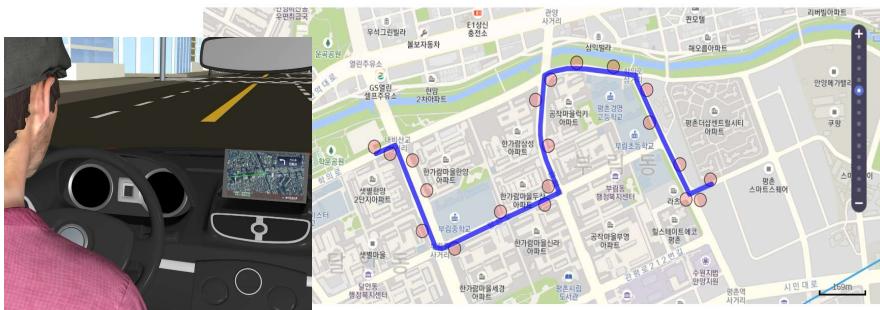
루프검지기



영상검지기

지점별 통행량, 지점별 속도

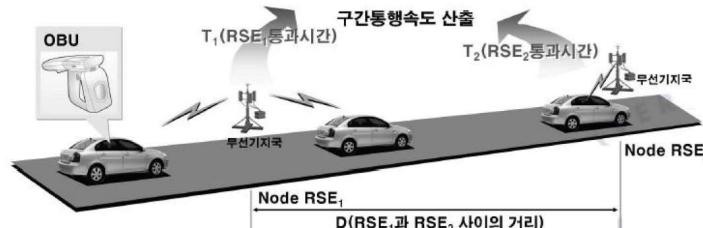
네비게이션 수집 정보



개별차량 통행경로 및 시간

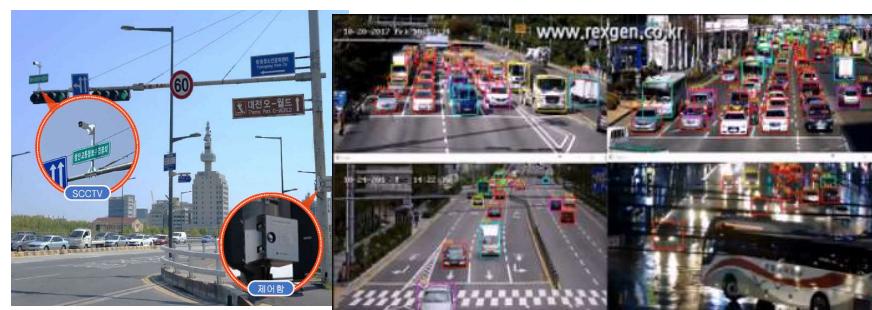
DSRC-RSE (Dedicated Short-Range Communication)

도로변에 설치된 노면기지국(RSE)와 주행하는 차량의 OBU간의 근거리 무선통신을 통해 교통정보 수집



개별차량 O/D, 개별차량 통행경로 및 시간

첨단교통정보 수집장치 (스마트 교차로)



교차로 교통정보(회전교통량, 점유율, 대기행렬길이)

기타: DTG(Digital Taco Graph), C-ITS RSU, 교차로 단속카메라,

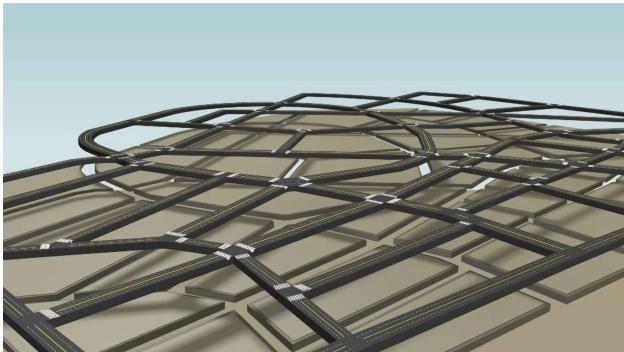
도시교통 브레인을 위한 데이터 정제

1 2 3 4

다양한 교통 데이터 수집 및 분석

정확한 교통 데이터 분석을 위한 다양한 공공·민간 교통 데이터의 활용

지도 데이터 구축



신호 데이터 매핑



차량 수요 적재



- ✓ 민간 네비게이션 (T-map) 데이터를 활용한 모든 차량 통행 가능한 도로의 재현

- ✓ 공공 데이터(서울시 4개구, 대전시, 세종시 신호 TOD)를 활용한 교차로 신호 매핑

- ✓ 공공 수집 교통량 데이터, 민간 수집 차량 주행 데이터를 활용한 일별, 시간대별 차량 수요 데이터 추정

통합 교통 데이터 플랫폼

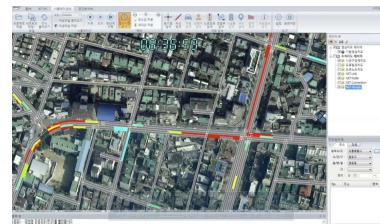
1 2 3 4

다양한 교통 데이터 수집 및 분석

엣지와 클라우드의 계층간 교통 데이터의 선택적 관리 및 결과 데이터 제공



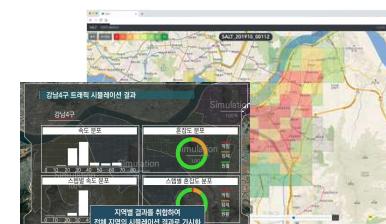
유저리티 도구



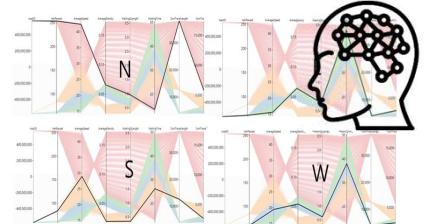
시뮬레이션



분산 시뮬레이션



WebUI & 가시화



교통신호 최적화

데이터셋 제공

시나리오

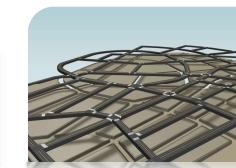
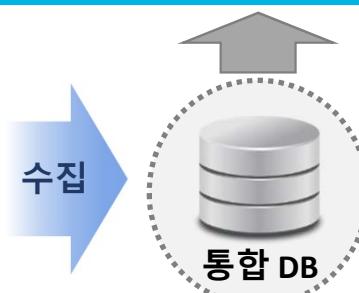
분산 시나리오

시나리오&결과셋

신호, 교통량

통합 교통 데이터 API 제공

지자체 교통 데이터		
도로데이터 (도로차선, 차로)		node: 26,224 / edge: 63,620 connection: 144,184
신호데이터 (신호제어간격)		signal: 1,202
차량데이터 (속도, 이동경로)		SK 궤적데이터 기반
환경데이터 (날씨, 사고행사)		강남4구 기상데이터



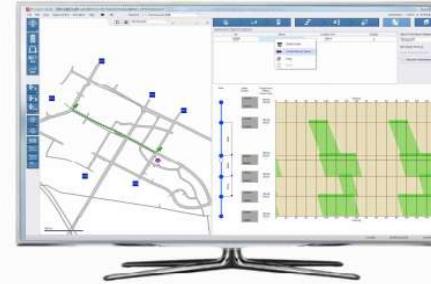
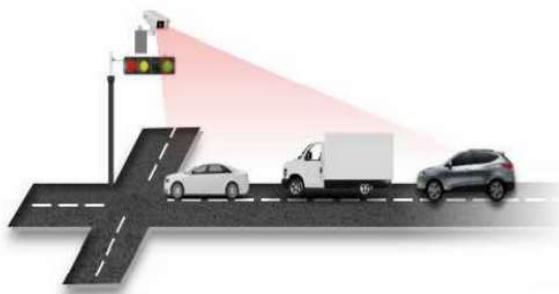
지도 데이터 구축 신호 데이터 매핑 차량수요 적재

[참고] 지자체 스마트교차로 데이터 분석 현황

1 2 3 4

엣지 기반 교통상황 분석

✓ (현장) SCCTV로 교차로별 영상 수집 → (센터) 영상분석서버로 영상처리/교통량 데이터 수집 → (신호) 교통량 반영한 신호최적화



현장(영상수집)



센터(영상 처리/교통량 DB)



신호(최적신호 분석 및 적용)

클라우드 엣지 서버 도입

1 2 3 4

엣지 기반 교통상황 분석

대전광역시 스마트교차로 86개 / 세종특별자치시 13개 (2021)



- ✓ 1개 교차로 1일 영상 데이터 약 78GB
- ✓ 86개 교차로 1일 영상 데이터 약 6.6TB
- ✓ 86개 교차로 1시간 영상 데이터 약 291GB
- 서버 기반 영상 처리 시간: 전송, 처리, 분석

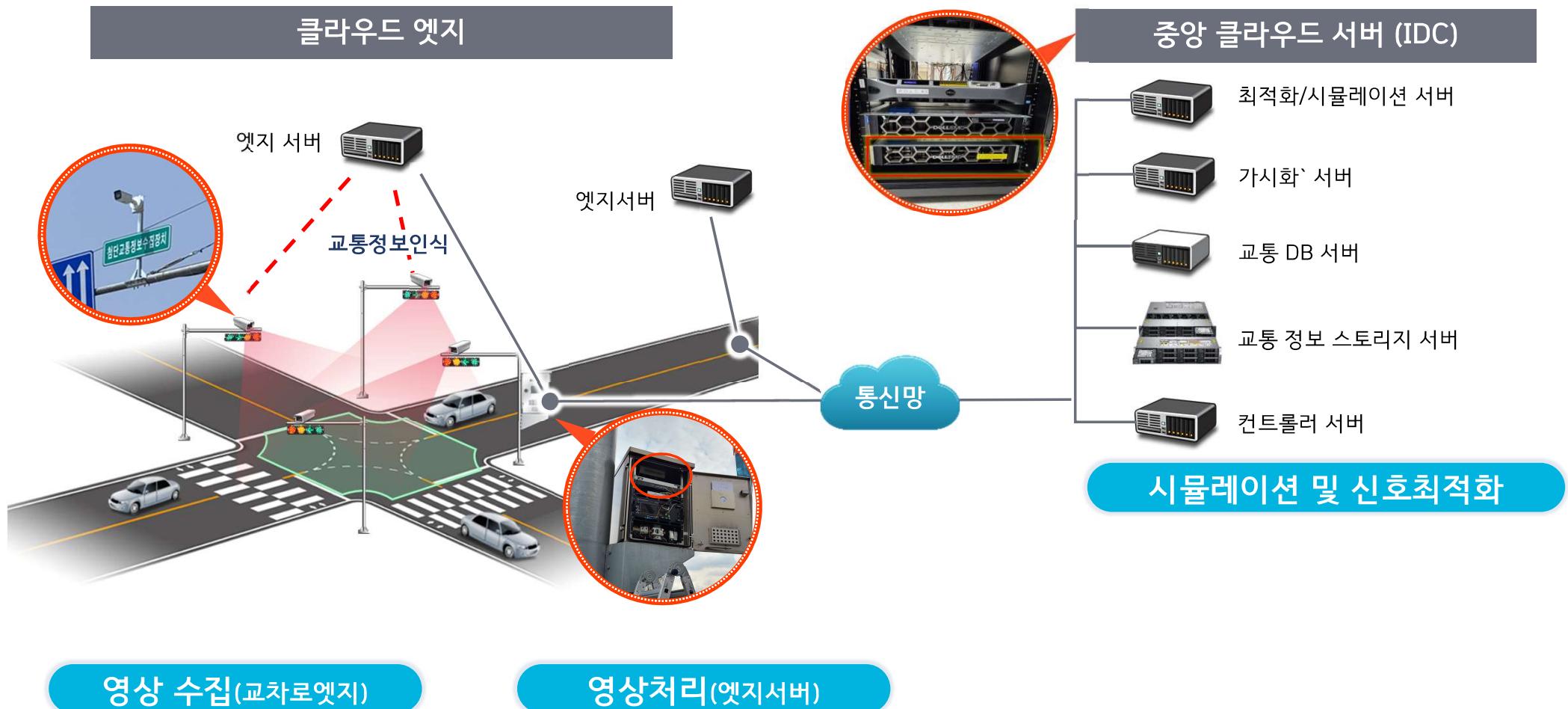


※ 현장 분석 및 센터, 현장 혼합 분석 방식도 구성 가능

클라우드 엣지 테스트베드 구성

1 2 3 4

엣지 기반 교통상황 분석



엣지 기반 교통상황 인지

1 2 3 4

엣지 기반 교통상황 분석

교차로 테스트베드 설치

교차로 함체 엣지서버 설치

엣지서버의 교통상황인지

중앙클라우드 서버



① 충대오거리 카메라 활용
(대전시 기존 인프라 제공)



② 교차로 함체에 엣지서버 설치



③ 방향별, 차선별, 차종별 교통량 인식



④ IDC 서버의 계층적 교통데이터
플랫폼에 적재

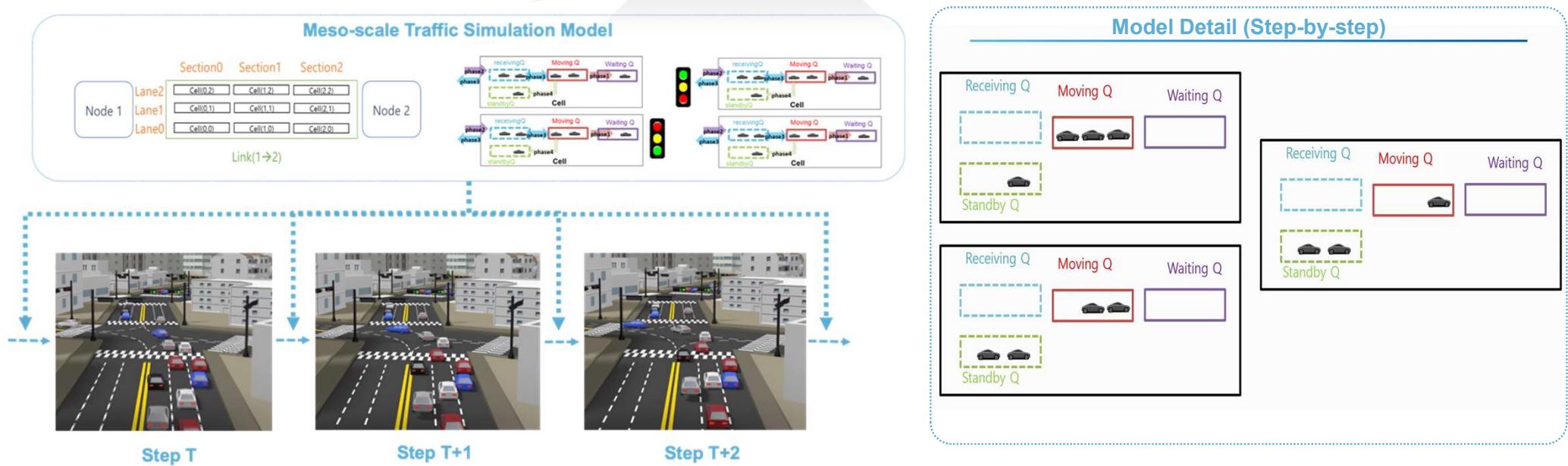


서비스 제공 (신호제어, 우회도로정보제공 등)

SALT: 대규모 트래픽 예측을 위한 교통 시뮬레이터

1 2 3 4
SALT 교통 시뮬레이터

대규모 교통 입력 데이터를 현실적으로 모사한 메소스케일 교통 시뮬레이션 모델



- ▶ 메소 스케일 교통 시뮬레이션 모델 - 개별 차량의 정확한 위치 추적이 아닌 도로 셀 내 차량의 통과/이탈 시점 추적 모델링
 - *도로 셀: 도로를 차선과 특정 길이로 나눈 도로 단위

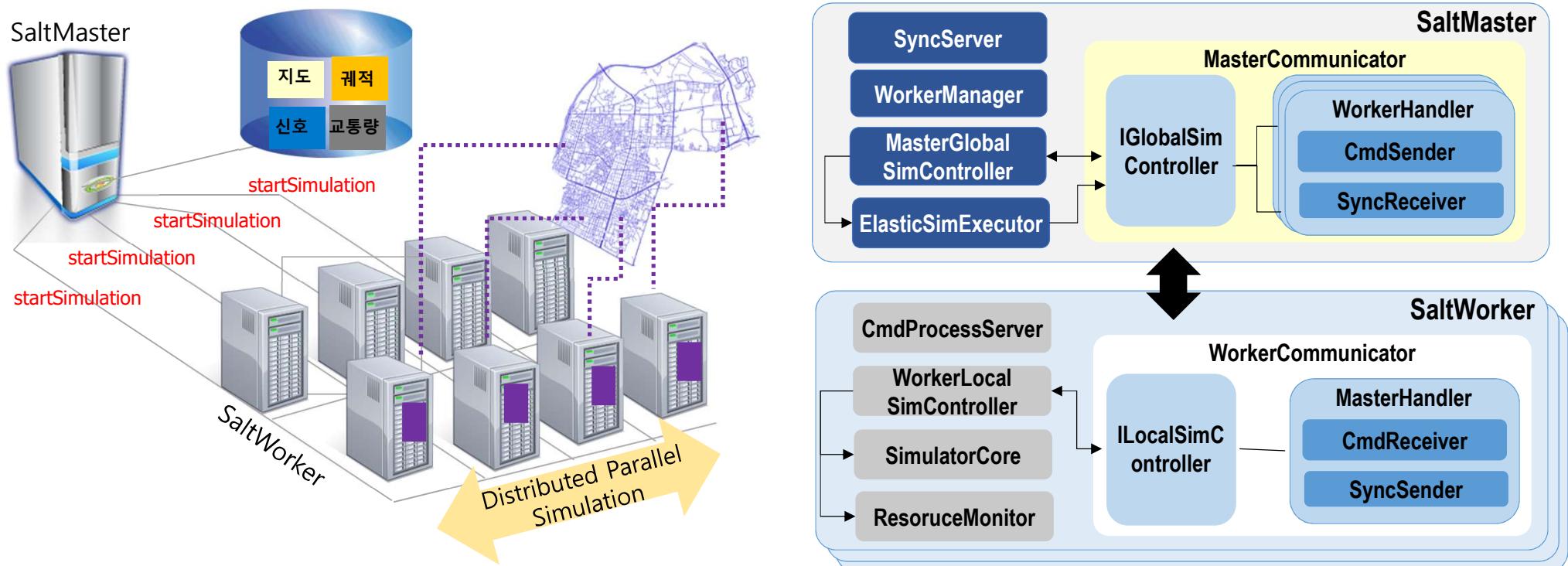
클라우드 기반 시뮬레이션 분산 처리

1 2 3 4

AI 기반 교통신호 최적화

대규모 교통 시뮬레이션을 위한 분산 처리 프레임워크 개발

- 다수의 워커들을 대상으로 시뮬레이션 실행 제어(시작/중지/재개/완료 및 종료)
- 대규모의 교통 시뮬레이션 데이터(도로망, 신호, 이동 차량) 동적 워커 할당 및 결과 통합 기술



SALT 클라우드 기반 교통 시뮬레이터 성과

1 2 3 4

SALT 교통 시뮬레이터

ETRI SALT Traffic Simulator

클라우드 기반 대규모 교통 시뮬레이션을 가능하게 하는 시뮬레이터인 SALT는 신호 변경에 따른 도시 전체의 파급 효과 검증에 활용 가능

東亞日報

2019년 11월 13일 수요일 B04면 경제 금융

車 40만대 교통흐름 5분만에 분석기술 개발

파이낸셜
뉴스

전자통신研, 1

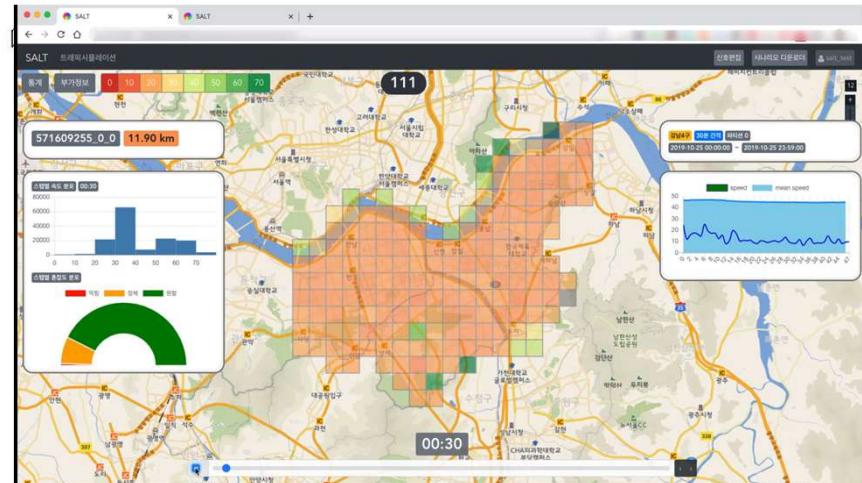
2019-11-12 09:55

교통량 변화에

강동구 교통흐름 5분만에 분석... ETRI, 교통정보 분석 SW

개발

시내에서 차도를
혼잡은 볼 보듯 빤
예측해 신호 체계를
응을 할 수 있게 하
시뮬레이션 기술이
민속기 한국전자
보연구본부장 팀은
선 기술 '솔트(SA)
다. 연구팀은 서울
로부터 강남구 등
공받아 도로망과
여기에 실제 교통



한국 전자통신연구원 연구진이 개발한 시뮬레이터 SALT(솔트)를 시연하고 작동 상황에 대해 논의

대전시/세종시/서울시 강남 4개구
데이터 구축

클라우드 기반 분산 처리

일주일 시뮬레이션 실증

공개SW SUMO 대비 18배 성능

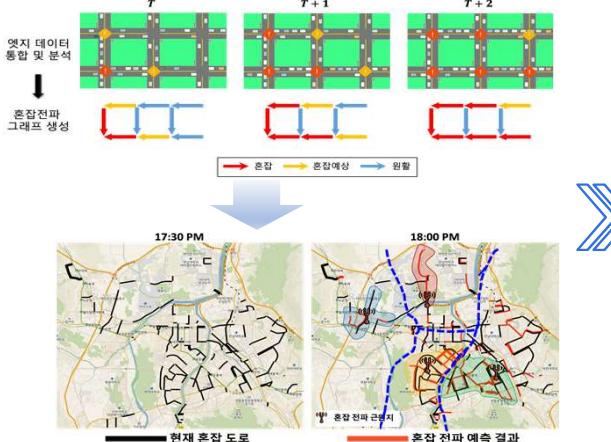
SALT 를 활용한
교통 혼잡 문제 해결

※ SALT (Simulation for Analyzing Loads in Traffic)

대규모 도로망의 전역적 교통흐름 개선을 위한 교통 네트워크 최적화

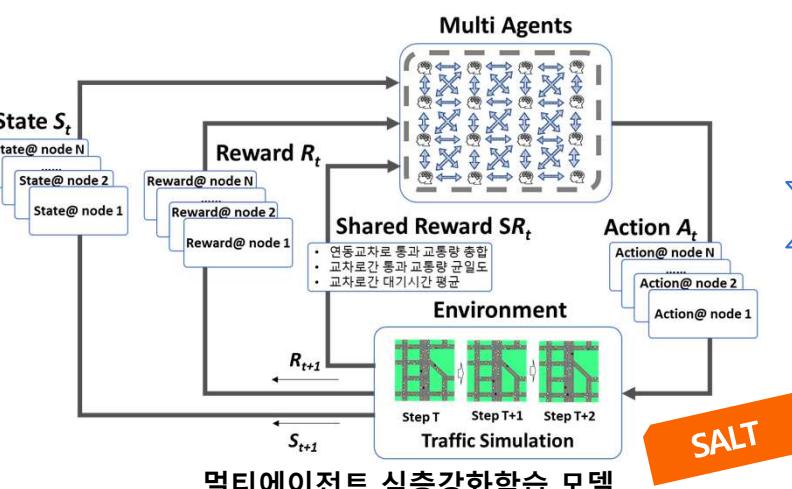
엣지-클라우드 협업 교통 혼잡 분석

- 교차로간 혼잡전파 패턴 추출 및 교통흐름 예측
- 혼잡전파 그래프 기반 교통정체 영향 분석
- 교통정체 영향분석 결과 기반 신호최적화 대상지역 선정



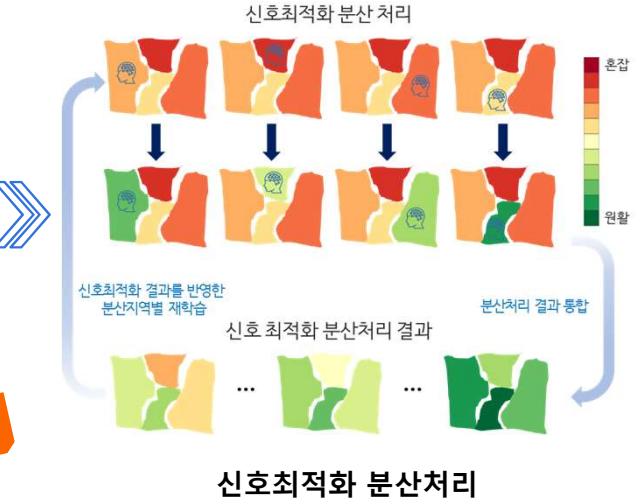
멀티에이전트 협업 신호최적화

- 교통 혼잡 지표와 신호제어변수를 활용한 강화학습 에이전트 상태, 보상, 행동 설계
- 다중교차로 연계 신호최적화를 위한 멀티에이전트 협업 모델
- 에이전트 간 상태, 보상 정보 공유를 통해 다중교차로 연계 신호최적화



신호최적화 분산처리

- 200개 이상의 대규모 네트워크 최적화
- 분산화를 통해 State & Action Space 크기 감소
 $O(|A|^N) \rightarrow O(\sum |A|^{n_i})$
- N: 전체 에이전트 수, n_i : 지역별 에이전트 수, $N \geq \sum n_i$
- 분할 지역별 신호 최적화 분산 수행 및 최적 신호 통합 기술 개발



▶ 관련 연구

- MADDPG(2017), IntelliLight(2018), PressLight(2019), CoLight(2019), MPLight(2020),
- 성능이 크게 개선되었으나 신호의 제약조건을 고려하지 않아 **현실적용 불가**

▶ 연구 내용

- 현실의 신호 제약조건(현시순서, 최소/최대녹색)을 고려
- 5x5 가상 교차로와 실제 대전 둔산 지역 지도와 교통 수요, 신호 데이터를 기반으로 시뮬레이션 실험

▶ 실험 결과

- 가상 교차로: 차량 통과량 최대 4.1% 증가, 대기시간 최대 12.7% 감소
- 현실 교차로: 차량 통과량 최대 1.1% 증가, 대기시간 최대 8.2% 감소



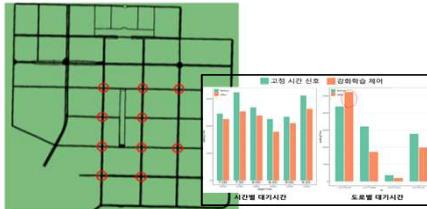
실험을 위한 5x5 가상 교차로 / 대전 둔산동 10개 교차로

최적 신호 현장 적용 계획

1 2 3 4

AI 기반 교통신호 최적화

강화학습기반 신호최적화



신호의 제약조건을 반영한 다중교차로 신호 최적화



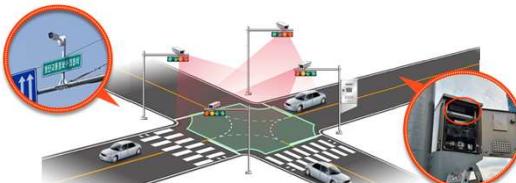
SALT: 교통 시뮬레이션



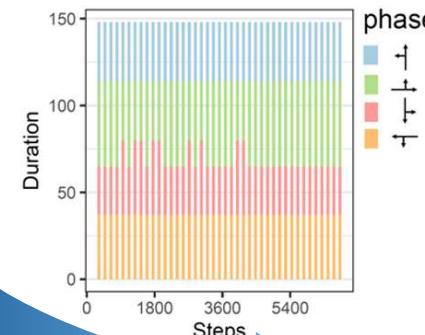
대전광역시/세종특별자치시 시뮬레이션



엣지기반 교통상황인지



모델 추론을 통한 최적 신호 및 Offset 선정



지자체 실교차로 현장 적용

* 2021년 대전 도안 지역 3개 교차로군(16개 교차로) 예정



강화학습 기반 신호 최적화 시연

- 신호 최적화 등록
- 강화학습 기반 신호 최적화 모델 학습
- 강화학습 모델 적용 및 기존 신호와 비교

대도시의 교통 혼잡 문제 해결을 위한 도시교통 브레인



- ✓ 교차로 인근의 엣지서버에서 신속한 처리
- ✓ 개인정보 데이터를 저장하지 않고 처리하여 프라이버시 문제 완화

- ✓ 변화하는 환경에 대한 교통 분석 및 예측
- ✓ 대규모 시뮬레이션 분석을 위한 클라우드 기반 분산 처리

- ✓ 변화하는 교통량에 적합한 AI 기반 최적화
- ✓ 대규모 네트워크 최적화로 도시 전체의 교통 제어

감사합니다

National AI Research Institute - Making a Better Tomorrow



정 문 영 mchung@etri.re.kr, 042-860-6599

ETRI
한국전자통신연구원