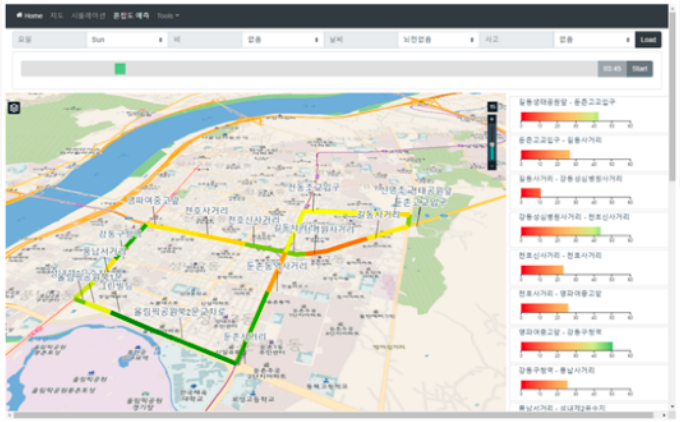
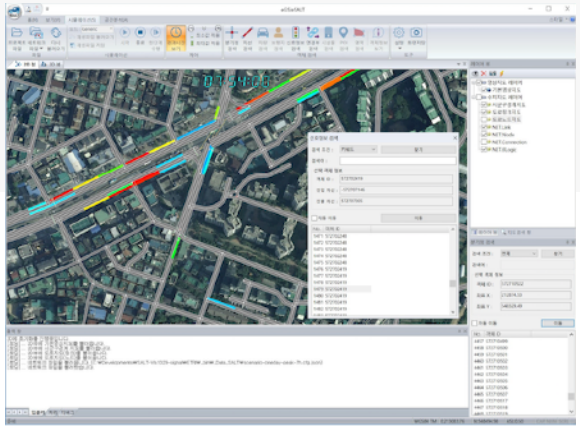
ETRI Electronics and Telecommunications Research Institute

스마트해지는 교통

빅데이터 교통상황 예측 및 교통 시뮬레이션 기술 연구





2018. 11. 27.

김 성 수

sungsoo@etri.re.kr

Smart Data Research Group

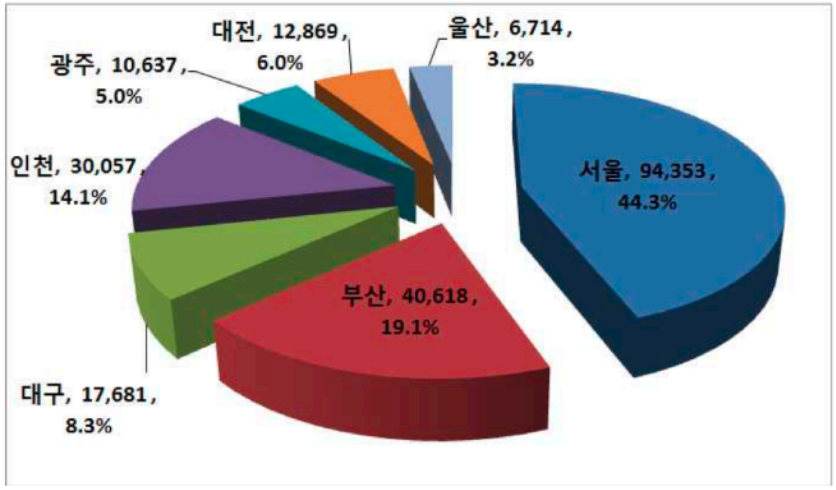
ETRI

Outline

- 연구 배경
- 스마트 교통 기술 동향
- 빅데이터기반 교통상황 예측 기술 연구
- 교통 시뮬레이션 기술 연구
- 활용방안

Background

- 국내 교통혼잡비용은 지속적으로 증가 추세이며, 대도시 비용이 더 큼
- 도시 인구집중 악화
  - 서울: 총 9조 4,353억 (전체의 44.3%) [2015년 기준]
  - 6대 광역시: 11조 8,575억 [2015년 기준]
- 교통혼잡 완화를 위한 지속적 노력이 필요



국내 도시별 교통혼잡비용 예측(2015년 기준)



Why?

기술적 필요성

- 교통신호 제어 중심 해결 한계
  - 스마트 교통신호 제어를 위한 교통 인프라가 갖춰질 때까지는 비용과 시간이 많이 소요됨
  - 정확한 예측을 바탕으로 선제적 대응 필요
- 연속류 중심의 연구 탈피
  - 도심의 교통 문제 해결을 위해서 단속류 연구 필요

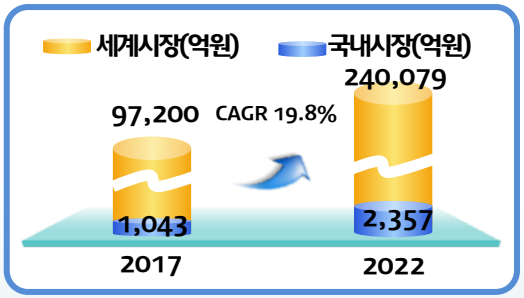
AI·Big Data·Cloud SW 기술을 활용하여 통합적 해결 방법 모색

정부 정책 필요성

- 10대 핵심사회 문제 中 대도시 교통혼잡 문제 해결
- 도시 인구집중 악화
  - * 수도권 면적 11.8%, 인구 46.3%, 차량대수 46.5%
- 교통신호체계 및 교통정책 검증 필요
  - 중앙정부의 획일적 방법이 아니라 지자체별 교통 정책 수립 필요
  - 데이터 기반의 과학행정으로 진화가 필요한 시점

경제적 필요성

- 분석 SW 시장규모 (2016 KISTI)



- 교통 혼잡 비용의 지속적인 증가
  - 총비용 GDP 2.2%, 경제활동 악영향

도심 교통 문제 해결을 위하여, 가능한 데이터를 광범위하게 통합·활용하여
트래픽 혼잡도를 예측하고 검증하는 SW적인 접근으로 도심교통문제 해결

스마트 교통 기술 동향

교통 혼잡 예측 기술
교통 시뮬레이션 기술

기술동향 - IBM

IBM Smarter Transportation: Traffic Prediction Tool (TPT)

► *Issue:* "real-time" is too late

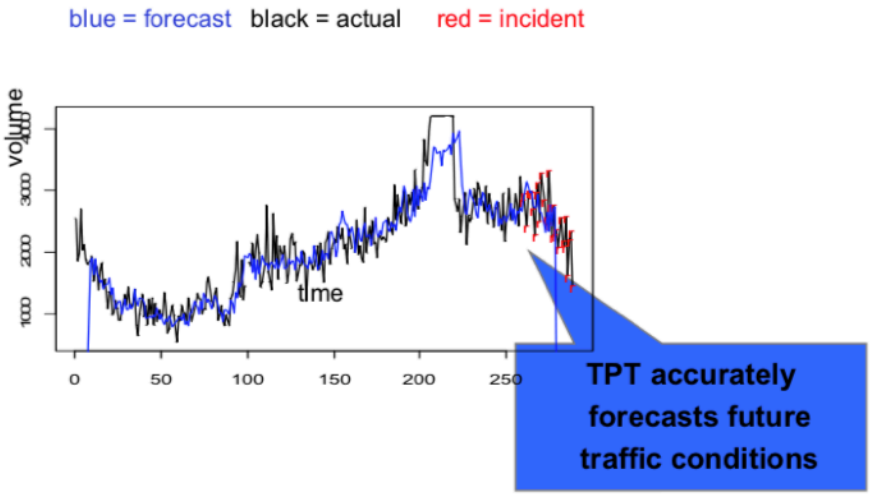
Little automated use is made of the **gigabytes of real-time traffic data** today; often, by the time it is received, it is **no longer representative** of the actual traffic

► *IBM Innovation:* forecast the future

IBM's TPT provides a layer of **intelligence** by using sensor data in sophisticated algorithms that **create relevant insights** from the raw data



tool screenshot



Areas of Potential Use

Traffic Operations: Advanced Traveler Information; traffic signal timing, ramp metering, route planning & advice, dynamic pricing

* Source: Laura Wynter, IBM Research Smarter Transportation Analytics

Related Work: *Traffic Prediction using Weather Data*

The Challenge – No Easy Task

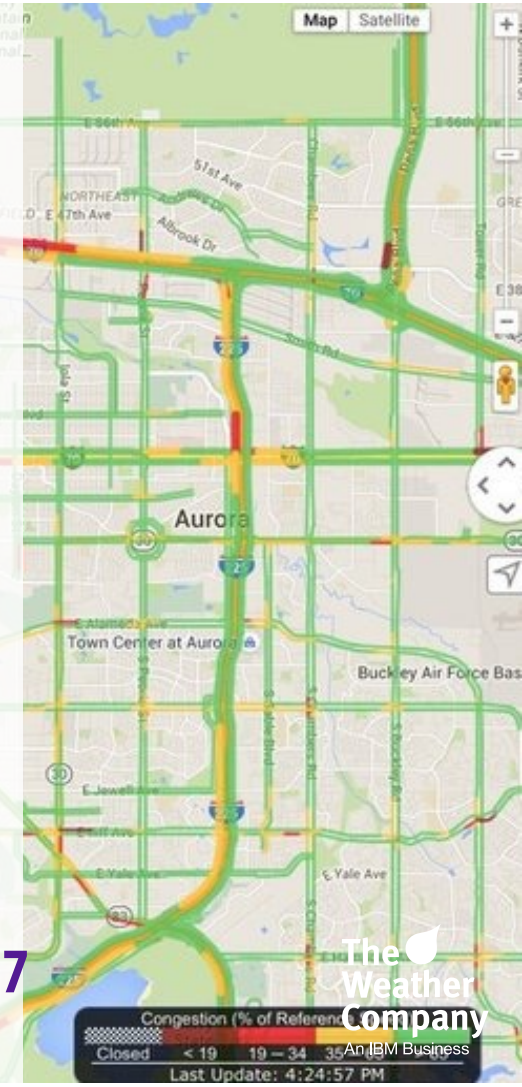
We historically know general traffic patterns, but many variables can significantly change expectations. Weather is one of the primary variables. So what did we do?

Selected 5 Unique Cities in different US geographies

Analyzed 1 year of both **traffic** and **weather** data

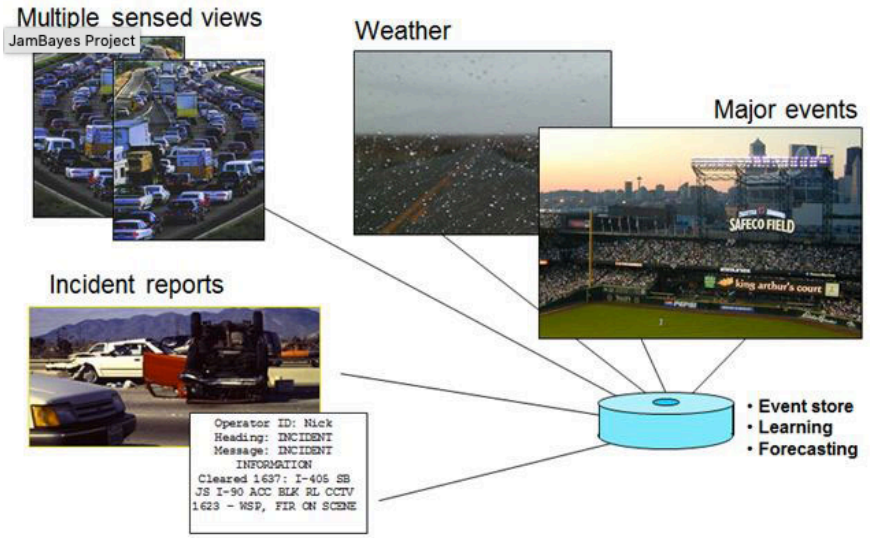
Built a cognitive model that predicts future traffic flows for 15 mins to 24 hours into the future.

- **2.58 Billion Traffic records in the five cites studied**
- **262 Million weather records in the 1 year study**
- **Week Day vs. Weekend, Morning Commute vs. Evening Commute**
- **Results tabulated on bad weather days, where impacts matter the most.**



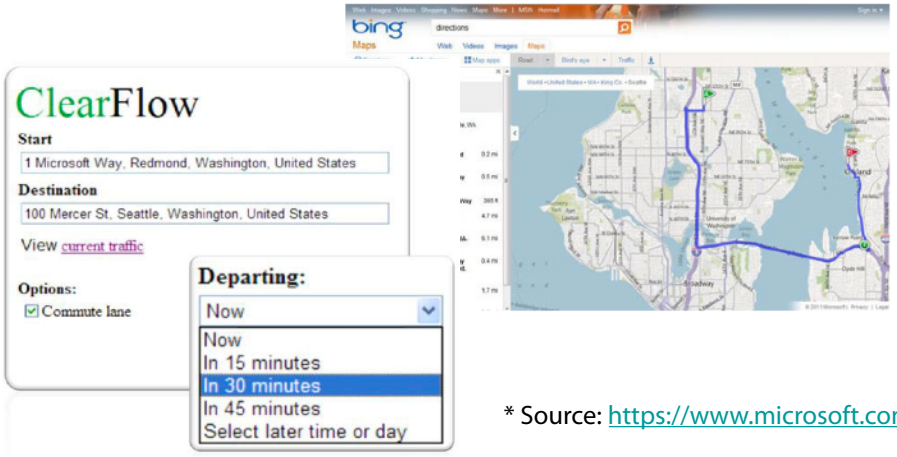
기술동향 - Microsoft

Predictive Analytics for Traffic



JamBayes

- 기계학습 적용 (2002년~)
- 현재/미래 교통류에 대한 교통량 추정
- 고속도로 상황, 교통사고, 날씨, 주요 이벤트 정보를 활용



Clearflow

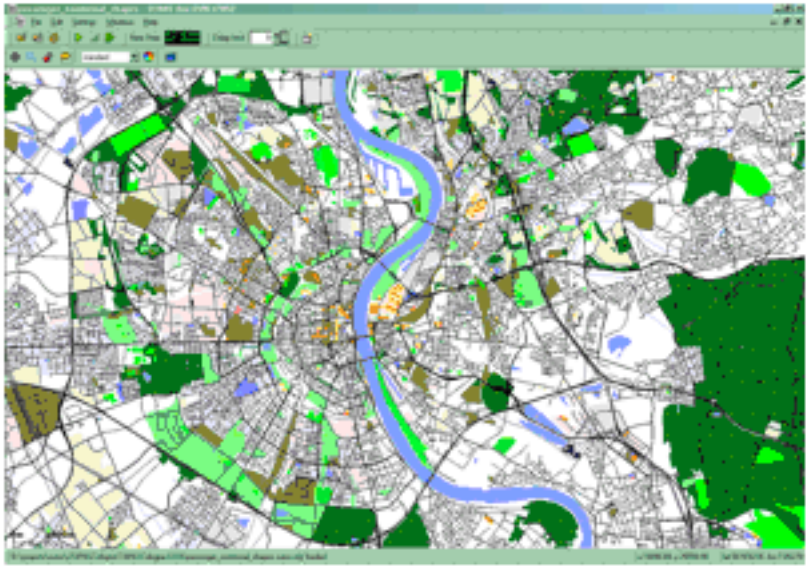
- 도시내 모든 도로 단위로 교통 흐름 예측: bing maps
- 5년간 대중교통과 프루브 차량의 GPS 데이터 활용
- 다양한 도로망 특성에 기반한 교통 흐름간의 의존성 파악

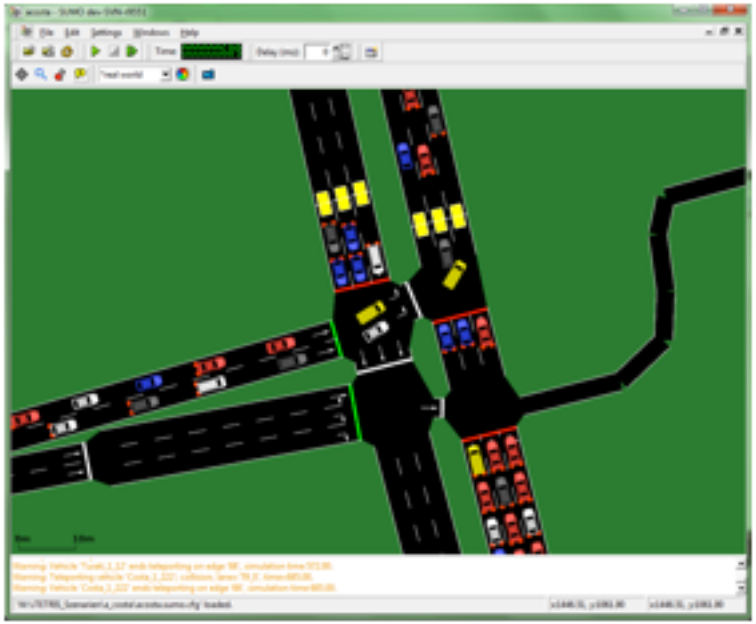
* Source: https://www.microsoft.com/en-us/research/project/predictive-analytics-for-traffic/

기술동향 - SUMO

[SUMO] Simulation of Urban Mobility

- 오픈소스 트래픽 시뮬레이션 소프트웨어 (2001년~)
- 독일 항공우주연구센터(DLR): Institute of Transportation Systems
- 미시 시뮬레이션(microscopic simulation) 중심
- 차량, 보행자, 대중교통 수단, 신호등 스케쥴 등을 표현





* Source: http://sumo.dlr.de/index.html

기술동향 - 상용 트래픽 시뮬레이터

aimsun.next

Aimsun

TSS(Transport Simulation Systems)
- 입력데이터 O-D 테이블을 활용하여 교통 수요를 설정
- API를 통해 교통모델 수정

PTV VISSIM

VISSIM

독일 PTV
- 이산 통계 모델인 Widemann Model 사용
- 차선별 특성, 교통류 내 차량 조합, 교통신호, 합류부 유입교통량, 전용차로 반영

TSIS-CORSIM™

CORSIM

미국 교통국
- 통계기반 미시 시뮬레이션
- 차량 특성 반영 (차량길이, 공격성, 가속도, 자유속도 등)

METANET

기타

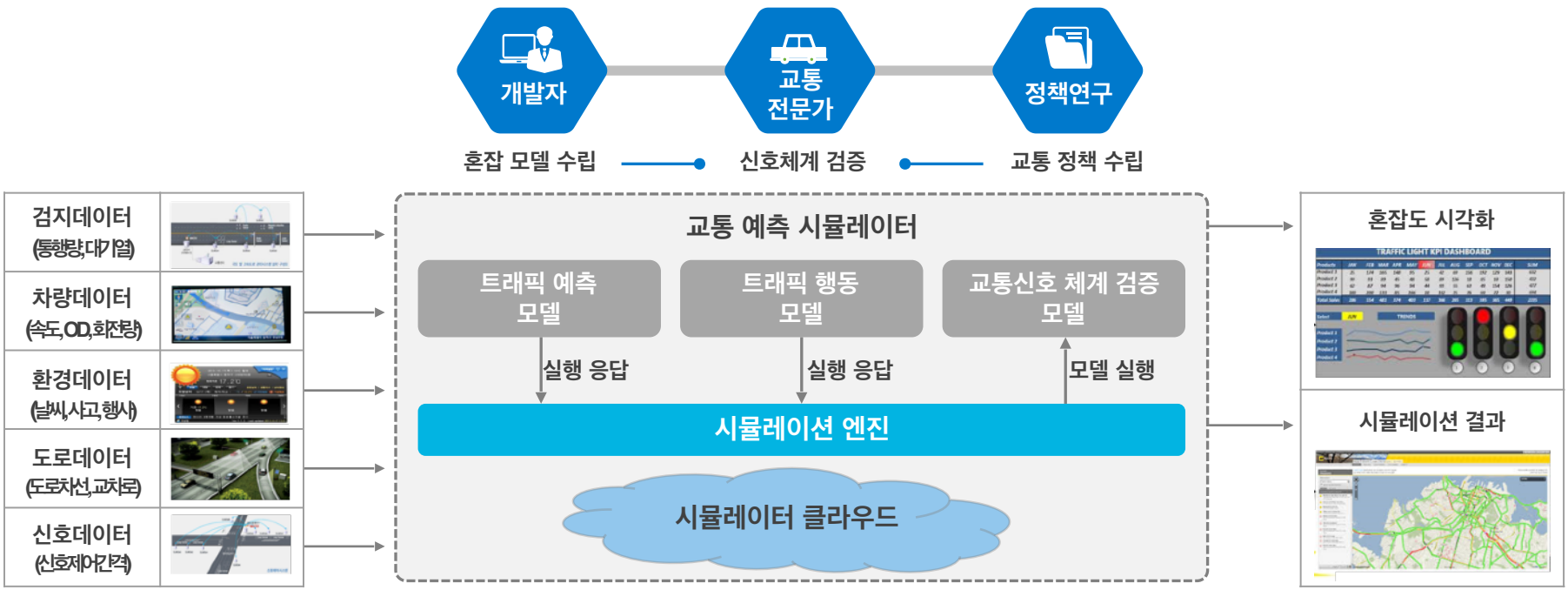
기타 (거시 모델)
- METANET, CTM(Cell Transmission Model): 유체역학 연속류 흐름 모델 기반
- EMME: 교통 수요 모델링 시스템 (신도시 설계 등)

과제 개요

도시 교통 문제 개선을 위한 클라우드 기반 트래픽 예측 시뮬레이션 SW 기술 개발

최종 목표

도심의 교통 혼잡 문제를 완화시키기 위해, 공공/민간 교통정보 데이터를 통합 활용하여 도심의 교통 상황을 예측하고 클라우드 인프라 확장성을 갖춘 아키텍처를 도입하여 동적 규모로 교통 신호체계 개선 방법 및 교통 정책을 사전 검증할 수 있는 트래픽 예측 시뮬레이션 기술 개발



연차별 연구목표

	1차년도 (2017)	2차년도 (2018)	3차년도 (2019)
목표	설계 & 원천성 확보	교통 예측 시뮬레이터 1.0 (기반기능확보)	교통 예측 시뮬레이터 2.0 (목표성능확보)
전략 방향	• 자료 조사 및 요구사항 정의 • 시스템 설계 및 주요 기능 PoC	• 시스템 상세 설계 및 개발 • 주요 기능 1.0 개발 및 통합	• 주요 기능 2.0 개발 및 통합 • 목표 성능 확보 • 시스템 검증 적용 및 사업화
블록별 기능 구현	▶ 클라우드 기반 교통 데이터 통합 ▶ 트래픽 예측 시뮬레이션 기본 프레임워크 설계 ▶ 교통 혼잡 예측 방법 사전 시험	▶ 교통 예측 모델링 1.0 개발 ▶ 단일 구 규모의 교통 시뮬레이션 프레임워크 개발 ▶ 대규모 시뮬레이션을 위한 분산 처리 기술 연구	▶ 교통 예측 정확도 확보 ▶ 확장 가능한 교통 시뮬레이션 프레임워크 개발 ▶ 클라우드 기반 교통 통합 예측 시뮬레이터 개발
결과물	시스템 설계서 교통 예측 PoC 결과	시스템 상세 설계서 교통 예측 시뮬레이터 1.0	시스템 시험 결과서 교통 예측 시뮬레이터 2.0

Project Goal

시간단위별 교통혼잡 예측 및 단일 구 규모 교통제어 검증 시뮬레이터 1.0 개발

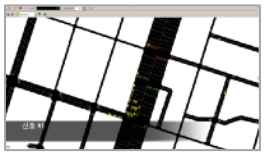
주요 산출물

통합 교통 데이터 플랫폼 SW



- 다중 교통 데이터 수집 플랫폼 개발

분산 병렬 메소스코픽 트래픽 시뮬레이터 SW



- 교통 예측 시뮬레이터 **상세설계/시험계획**
- 교통 신호 체계 검증 기본 모델 개발

시간별 교통 혼잡 예측 SW



- 시간별 교통 혼잡 예측 모델 개발
- 교통 시뮬레이션 프레임워크 기능검증 실험 시제품 개발

교통 시뮬레이터 클라우드 프로토타입 SW



- 교통 시뮬레이터 클라우드 프로토타입 개발
- GPU기반 시뮬레이터 배포 및 시험

교통 예측 시뮬레이터 1.0 SW

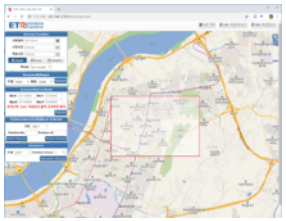


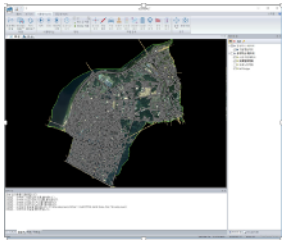
- 교통예측 시뮬레이터 기능시험/성능시험
- 공인기관 시험

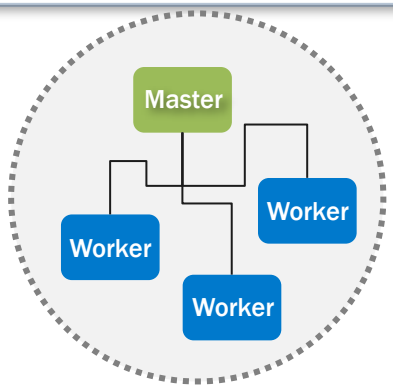
통합 교통 데이터 플랫폼 SW

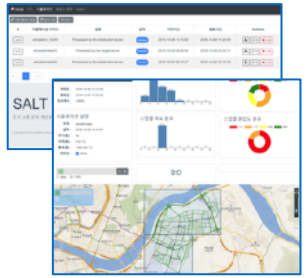
[목표] 교통 데이터를 **통합 관리**하고, **교통 시뮬레이션**이나 **교통 예측**에 필요한 형태로 교통 데이터를제공하는 플랫폼

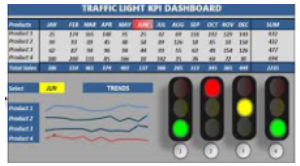
- 단일 구 규모 다중 교통 데이터 수집 플랫폼 통합
- 단일 구 규모 다중 교통 데이터에 대한 시공간 통합 연계 기술







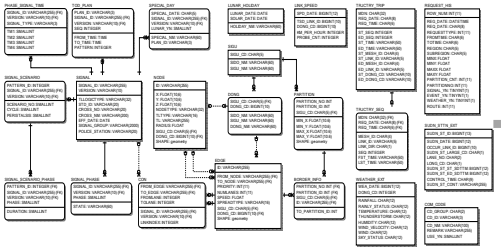


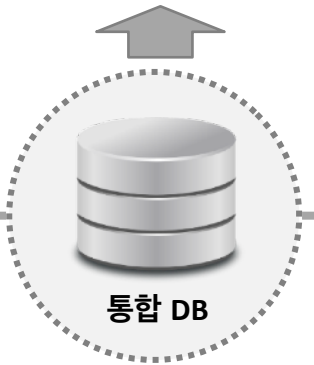


API Tools | SALT-standalone | SALT-distributed | WebUI & 가시화 | 트래픽 예측 모델

Dataset Test | 시나리오 | 분산 시나리오 | 시나리오&결과셋 | Training Dataset

통합 교통 데이터 API 제공





강동구		
도로데이터 (도로차선,교차로)		node: 5,112 edge: 12,437 connection: 35,371
신호데이터 (신호제어간격)		signal: 200여개
차량데이터 (속도,OD,회전량)		SK 궤적데이터 기반
환경데이터 (날씨,사고,행사)		강남4구 기상데이터

지도 데이터 구축

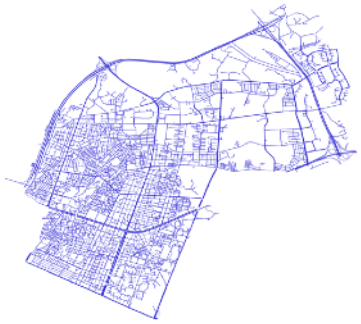
산출물 양방향 링크 분리, 교차로 연결 생성, 행정코드 삽입

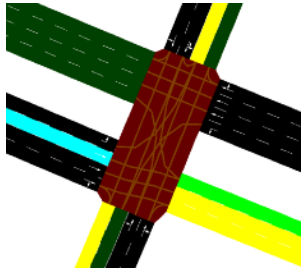
- node.xml, edge.xml, connection.xml
- 다양한 출력 포맷을 지원할 수 있도록 DB API 제공

SK MAPLINK (강남4구) → 강동구 맵 추출 → 양방향 링크 분리 → 커넥션 생성 → 부가정보 첨부









connection
link index



행정동(시/구/동)
기상데이터 연동

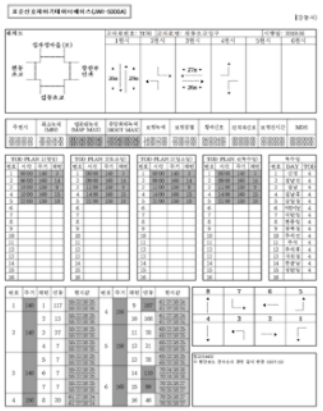
신호 데이터 구축

산출물 강동구 200여개 신호에 대한 데이터베이스 제공

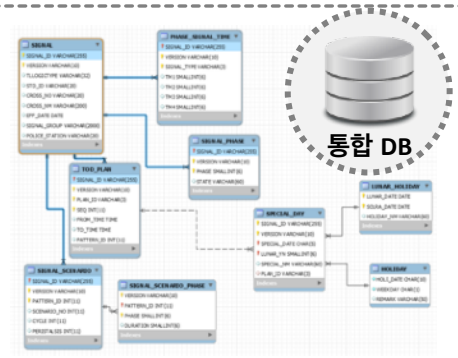
- 시간대별 신호 데이터 제공 (tss.xml)
- 다양한 출력 포맷을 지원할 수 있도록 DB API 제공

신호 업데이트 제공

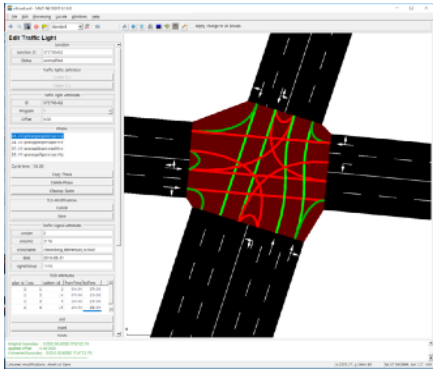
- 신호의 버전 및 신호운영날짜 관리
- SALT Netedit을 통한 신호 업데이트 기능 제공



서울지방경찰청 신호운영파일



통합교통데이터플랫폼



SALT NetEditor

```
<trafficSignalSystem>
  <trafficSignal nodeID="572712755" version="1" crossNo="1795" crossName="길동사거
리" date="2016-07-12" signalGroup="105G" >

    <tod plan_id="1" seq="2" pattern_id="13" fromTime=07:00 toTime=11:30/>
    <tod plan_id="1" seq="3" pattern_id="9" fromTime=11:30 toTime=17:30/>

    <schedule id="13" offset="13">
      <phase duration="55" state="RRRRRGGRRRRRRRRGGr" />
      <phase duration="4" state="RRRRryyRRRRRRRRyyr" />
      <phase duration="43" state="RRRRRGGRRRRRRRRGRR />
      <phase duration="4" state="RRRRRyyRRRRRRRRyRR" />
      <phase duration="45" state="GGGRRRRRRGGGRRRRRR" />
      <phase duration="5" state="yyyRRRRRRyyyRRRRRR" />
      <phase duration="30" state="RRRGgRRRRRRRGGgRRR" />
      <phase duration="4" state="RRRyyRRRRRRRyyyRRR" />
    </schedule>
    <schedule id="9" offset="18">
      <phase duration="57" state="RRRRRGGRRRRRRRRGGr" />
      <phase duration="4" state="RRRRyyRRRRRRRRyyr" />
      <phase duration="35" state="RRRRRGGRRRRRRRRGRR" />
      <phase duration="4" state="RRRRRyyRRRRRRRRyRR" />
      <phase duration="45" state="GGGRRRRRRGGGRRRRRR" />
      <phase duration="5" state="yyyRRRRRRyyyRRRRRR" />
      <phase duration="26" state="RRRGgRRRRRRRGGgRRR" />
      <phase duration="4" state="RRRyyRRRRRRRyyyRRR" />
    </schedule>

    <TODPlan defaultPlan="13" offset="135">
      <plan schedule="9" startTime="16200" offset="15" />
    <TODPlan>
  </trafficSignal>
</trafficSignalSystem>
```

tss.xml

데이터 제공 API

목표 통합 교통데이터 플랫폼의 데이터에 대한 다양한 활용

- 통합DB의 데이터를 XML형식로 변환하는 API 제공
- API를 테스트하고 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 WebUI 제공
  (지도, 신호, 궤적에 대한 필요한 조합의 데이터를 얻을 수 있음)

지도& 신호데이터 획득

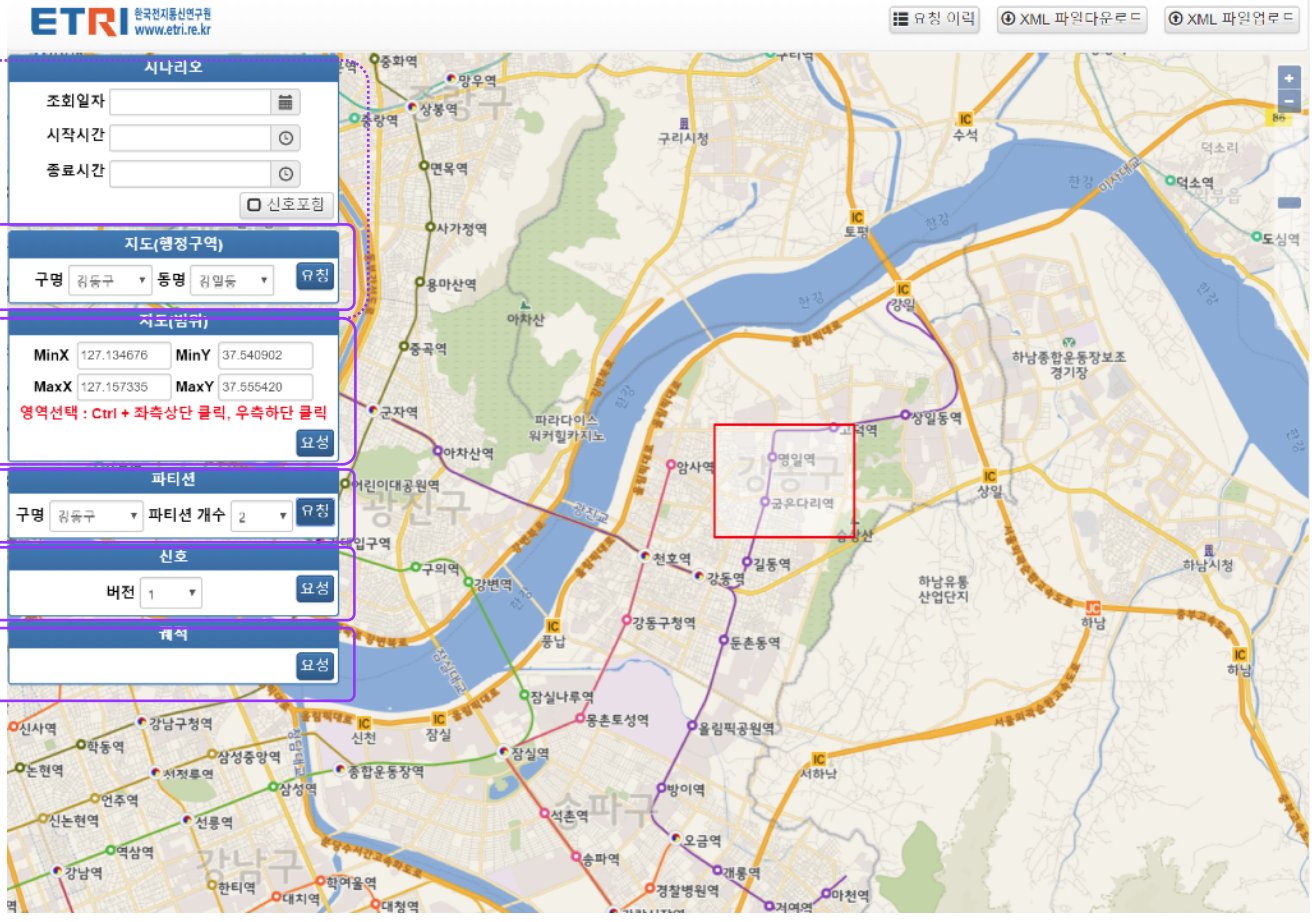
지도 데이터 획득
(행정구역)

지도 데이터 획득
(선택영역)

분산 지도 데이터 획득
(행정구역, 선택영역)

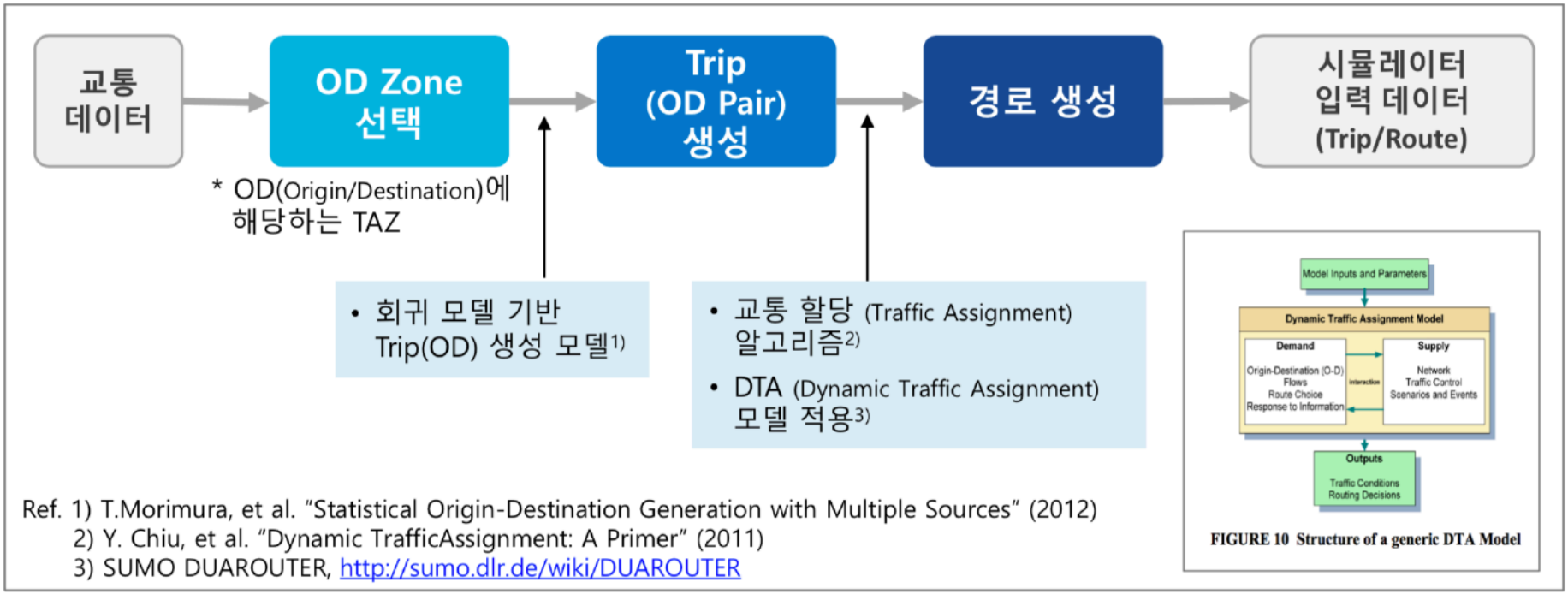
신호데이터 획득

수요데이터 획득



교통 수요 추정

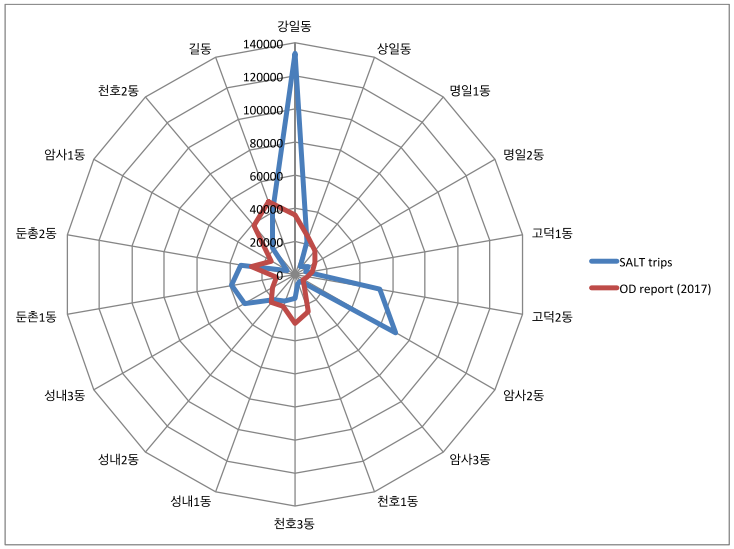
- **교통 수요 추정**
  - 전처리된 교통 데이터를 이용해 주어진 목적 범위 (지역/시간) 에 해당하는 교통 시뮬레이터 입력용 교통 수요 데이터 추정/생성



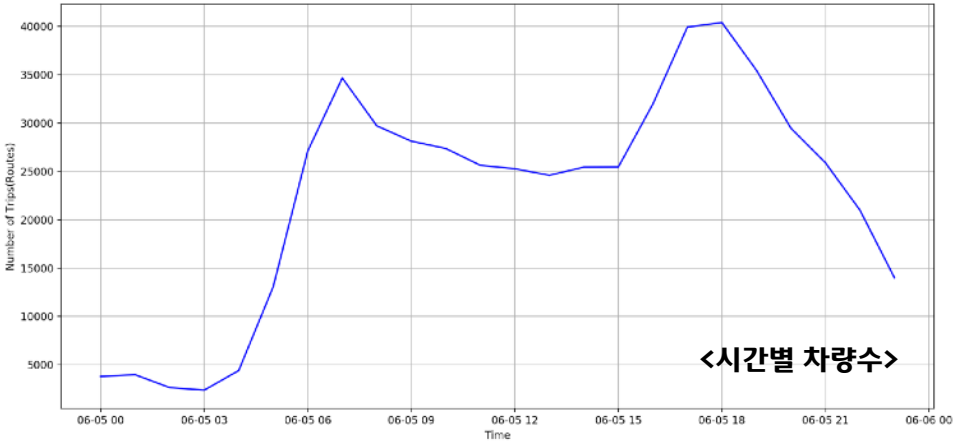
Ref. 1) T.Morimura, et al. "Statistical Origin-Destination Generation with Multiple Sources" (2012)
2) Y. Chiu, et al. "Dynamic TrafficAssignment: A Primer" (2011)
3) SUMO DUAROUTER, http://sumo.dlr.de/wiki/DUAROUTER

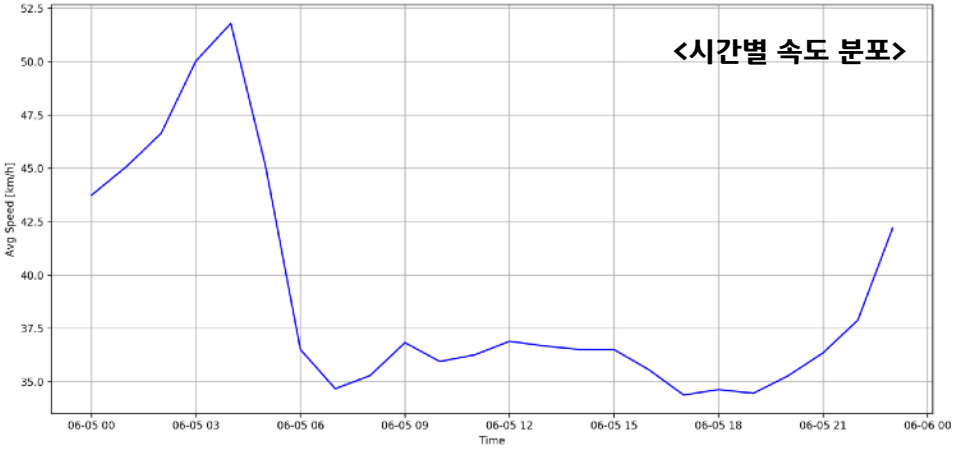
교통 수요 추정

[교통 수요 추정] OD 별 분포



[교통 수요 추정] 시간별 추정 데이터





✓ 2017년 교통수요추정 자료

➢ 강동구내 TAZ가 O/D에 포함된 수요 추정 데이터:
37만대 (버스 차량 제외) / 54만대 (버스 차량 포함)

➢ 차량 궤적 이력데이터 활용 교통 수요 추정 데이터: 54만대 추정

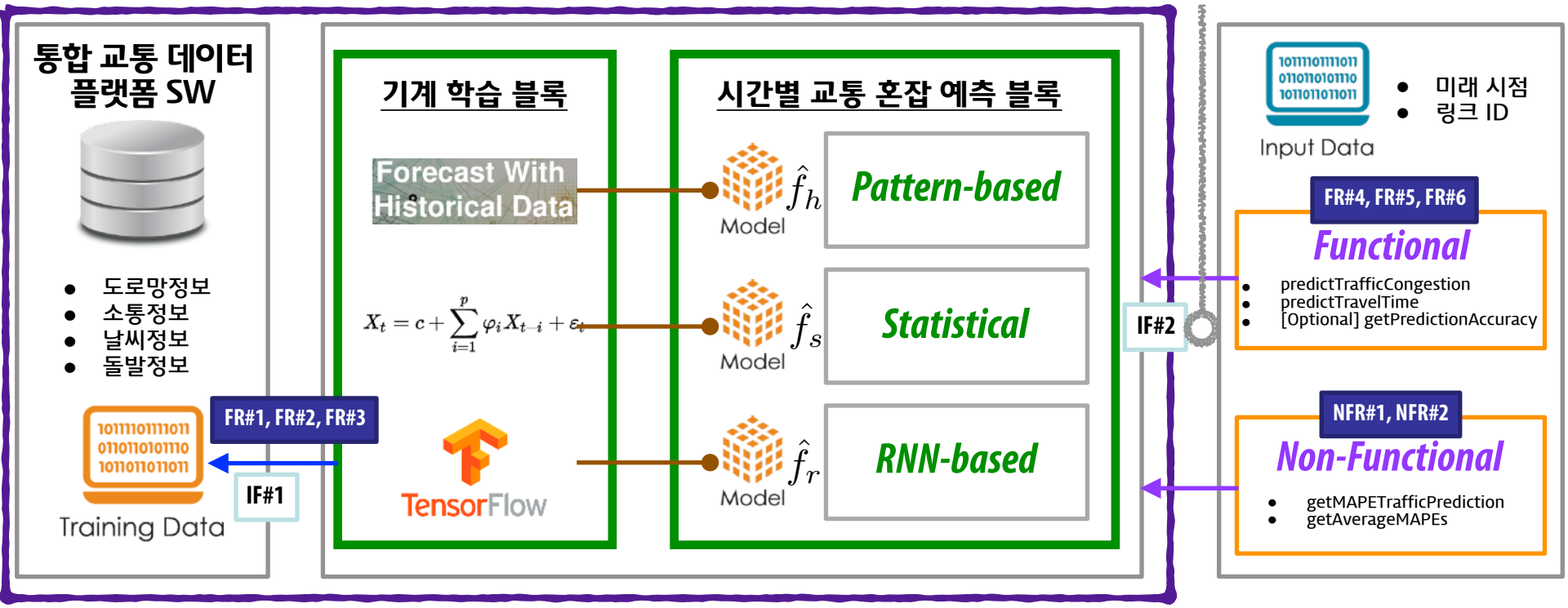
빅데이터기반 교통상황 예측 기술

시간별 교통 혼잡 예측 SW

시간별 교통 혼잡 예측 SW

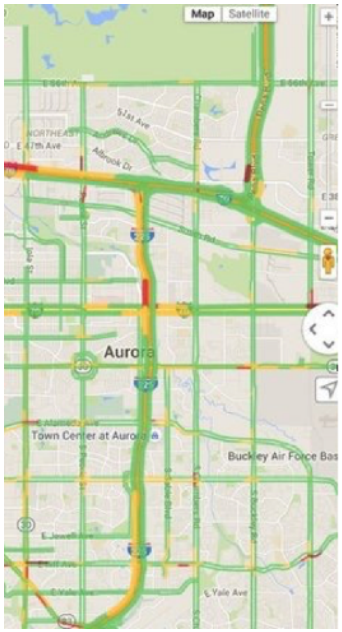
도로네크워크 각 링크의 **혼잡 예측**을 수행할 수 있는 통계적 또는 기계학습기반의 모델을 이용하여 사용자가 요청한 미래 시간에 대한 각 링크에 대한 혼잡을 예측하는 SW

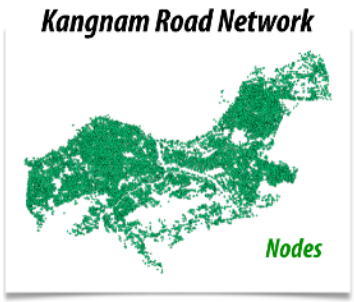
구조도



Machine Learning Process

Business Understanding → Data Collection → Data Preprocessing → Traffic Prediction Modeling











$$C_{ij} = \hat{f}_r(t_i, l_j)$$

Model $\hat{f}_h$ **Pattern-based**

Model $\hat{f}_s$ **Statistical**

Model $\hat{f}_r$ **RNN-based**

Business Understanding

- **Challenge [Research Question]**
  - **How can the *short-term traffic flow* be *predicted* by incorporating *traffic* and *weather data* using *deep learning approach*?**

- **Why it is important?**
  - 대도시 교통 혼잡으로 인한 사회적 비용이 지속적으로 증가
  - 도심의 교통 문제 해결을 위해, 교통 빅데이터기반 교통 혼잡 예측 연구가 중요
    - 연속류 중심의 연구 → 교통신호제어가 존재하는 단속류 연구 필요

- **Why it is hard?**
  - 시계열 소통(속도) 데이터만을 고려한 예측의 한계
    - 시공간 관계 : 도로 링크들간의 연결성 고려 필요
    - 비선형적 관계 : 날씨, 돌발정보 등과 같은 비선형적인 요소 반영 필요

Definitions

- [정의#1] 시간별 교통 혼잡 예측 SW [=혼잡 예측 SW]
  - 도로네크워크 각 링크의 **혼잡 예측**을 수행할 수 있는 **통계적 또는 기계학습기반의 모델**을 이용하여 사용자가 요청한 **미래 시간에 대한 각 링크에 대한 혼잡을 예측**하는 SW

- [정의#2] 혼잡 지표 (CM; Congestion Measure)
  - 임의의 도로 링크의 혼잡 정도를 나타내는 지표로 [0, 1] 값으로 표현
  - 상대 속도 [0, 1] = 현재 링크내 평균속도 / 링크의 최대 제한속도 = $CM = \frac{v_{avg}}{v_{max}}$
    - CM = 0 인 경우 완전 정체 (full congestion)
    - CM = 1 인 경우 완전 소통원활 (free road)

- [문제정의#3] 교통 혼잡 예측 문제 (Traffic Congestion Prediction Problem)
  - 도로망에서 **미래 시점 t_i 에서** 임의의 도로 링크 l_j에 대한 **혼잡 지표 C_{ij} 를 계산**하는 문제

$$C_{ij} = \hat{f}(t_i, l_j)$$

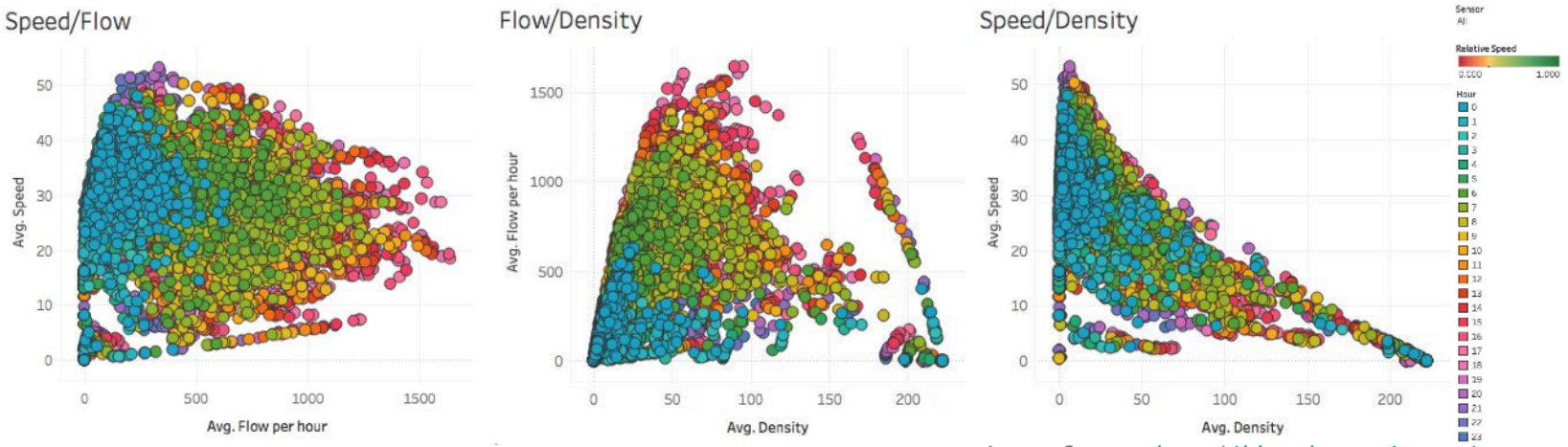
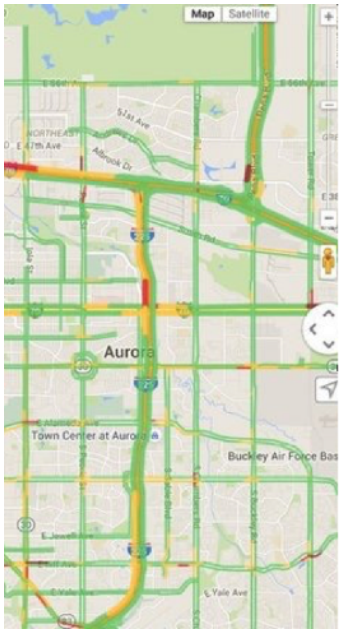
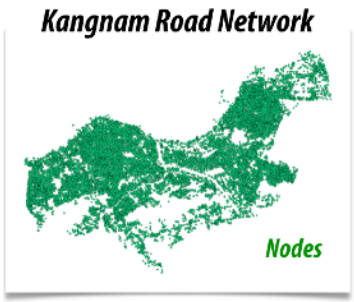


Image Source: http://blog.datatonic.com/

Machine Learning Process

Business Understanding → Data Collection → Data Preprocessing → Traffic Prediction Modeling











$$C_{ij} = \hat{f}_r(t_i, l_j)$$

Model $\hat{f}_h$ **Pattern-based**

Model $\hat{f}_s$ **Statistical**

Model $\hat{f}_r$ **RNN-based**

Data Collection

- **Road Network**

$$G = (\mathcal{N}, \mathcal{L}, \mathcal{W})$$

$$\mathcal{W} : \mathcal{L} \rightarrow \mathbb{R}^{+}$$



- **Historical Traffic Flow Data**
  - 이력 소통 정보 [비공개]
    - 〈타임스탬프, 링크 ID, 평균속도〉
- **Event/Incident Data**
  - 이력 돌발 정보 [비공개]
- **Weather Data**
  - 기상청 데이터 활용 [공개]

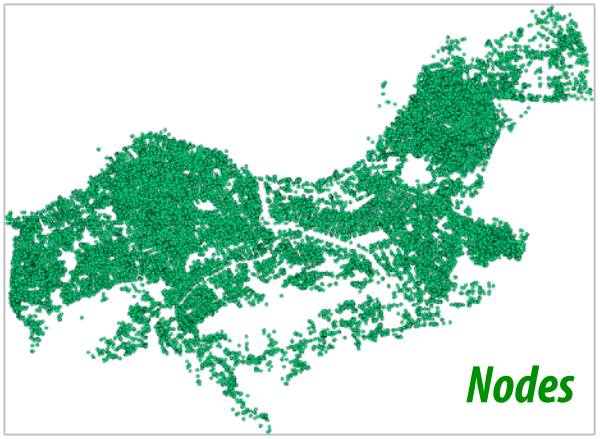
과거날씨

HOME > 기상청 정보 > 과거날씨

서울경기 | 서 울 | 2016 년 | 05 월 | 날씨확인 | 아이콘 설명

일요일	월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일
05/01 구름많음 ·최저기온 : 12.2℃ ·최고기온 : 26℃ ·일강수량 : 0mm ·일적설량 : 0cm	05/02 비 ·최저기온 : 16.5℃ ·최고기온 : 28.4℃ ·일강수량 : 16.5mm ·일적설량 : 0cm	05/03 비 ·최저기온 : 8.9℃ ·최고기온 : 17.6℃ ·일강수량 : 27mm ·일적설량 : 0cm	05/04 맑음 ·최저기온 : 10.2℃ ·최고기온 : 20.6℃ ·일강수량 : 0mm ·일적설량 : 0cm	05/05 비 ·최저기온 : 10.2℃ ·최고기온 : 26.9℃ ·일강수량 : 7.5mm ·일적설량 : 0cm	05/06 비 ·최저기온 : 13℃ ·최고기온 : 18.6℃ ·일강수량 : 9.5mm ·일적설량 : 0cm	05/07 맑음 ·최저기온 : 10.7℃ ·최고기온 : 22.6℃ ·일강수량 : 0mm ·일적설량 : 0cm

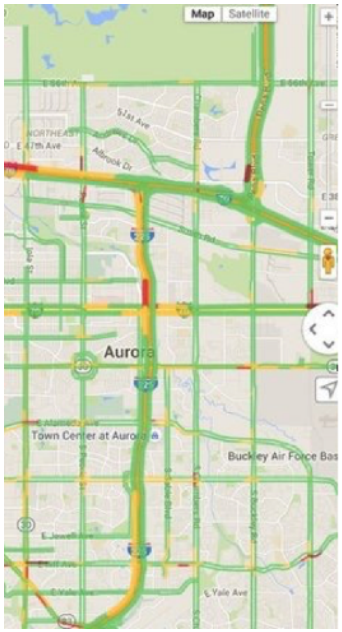
Kangnam Road Network

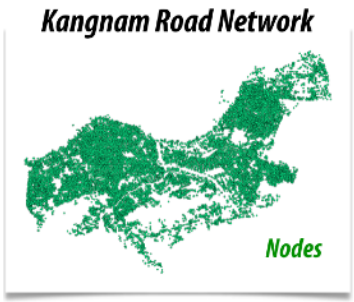




Machine Learning Process

Business Understanding → Data Collection → Data Preprocessing → Traffic Prediction Modeling











$$C_{ij} = \hat{f}_r(t_i, l_j)$$

Model $\hat{f}_h$ **Pattern-based**

Model $\hat{f}_s$ **Statistical**

Model $\hat{f}_r$ **RNN-based**

Data Preprocessing

- **Cleaning**
  - 교통 소통 정보 오류
    - 예: 평균속도가 도심에서 200 km/h 인 경우 등
  - 교통 소통 정보 누락
    - 예: 검지기 센서 오류 등으로 인한 누락

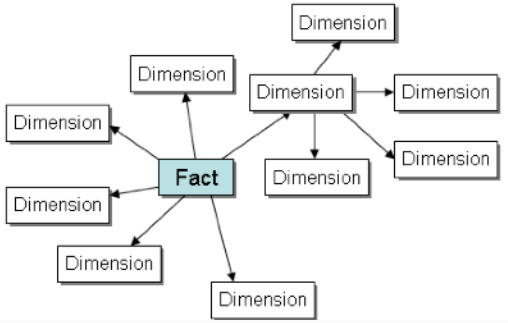
- **Data Integration (Joins)**
  - 교통망 정보, 교통 소통 정보, 돌발정보 및 날씨 데이터 통합

	LinkID		*NodeIDs*		*Attributes*	
1491	1008902	478	104562	104561	강일IC동단	강일IC북단
1492	1008911	770	104561	104563	강일IC북단	강일IC서단
1493	1008912	770	104563	104561	강일IC서단	강일IC북단
1494	1008921	630	104561	104564	강일IC북단	강일IC남단
1495	1008922	618	104564	104561	강일IC남단	강일IC북단
1496	1008941	1058	104562	104563	강일IC동단	강일IC서단
1497	1008942	784	104563	104562	강일IC서단	강일IC동단

Road Network: Links

Data Integration

- **Snowflake Schema [in DW (Data Warehouse)]** *OLAP*
- **Data Integration** *Merge & Join*
  - Fact Table: 도로속성 + 소통 정보 + 돌발정보 + 날씨 정보
  - <Timestamp, LinkID, 도로속성, 소통정보, 날씨정보, 돌발정보>







Join

Merge

```
In [11]: traffic_weather = pd.read_csv('traffic-weather-integrated.csv')

In [13]: traffic_weather

Out[13]:
```

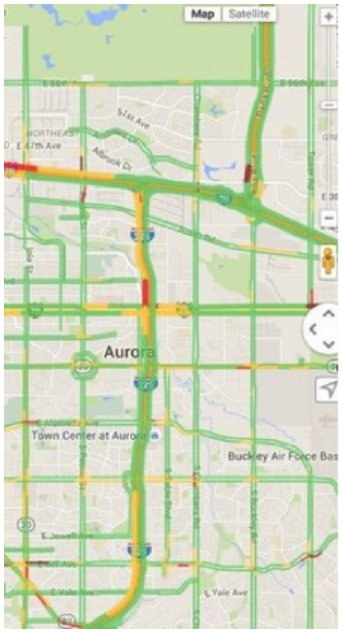
	DATE	TSD_LINK_ID	KM_PER_HOUR	PROBE_CNT	rainly_status	humidity	rainfall	sky_status	temperature	thunderstom	wind	wind_velocity
0	201507010000	1018111	42	9	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
1	201507010005	1018111	45	4	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
2	201507010010	1018111	46	5	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
3	201507010015	1018111	47	7	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
4	201507010020	1018111	38	4	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
5	201507010025	1018111	52	3	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
6	201507010030	1018111	56	4	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
7	201507010035	1018111	61	2	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
8	201507010040	1018111	73	1	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
9	201507010045	1018111	44	3	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
10	201507010050	1018111	39	3	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
11	201507010055	1018111	49	5	0	75	0	3	23.500000	0	274	2.9
										0	284	2.1
										0	284	2.1
										0	284	2.1
										0	284	2.1
										0	284	2.1
										0	284	2.1
										0	284	2.1

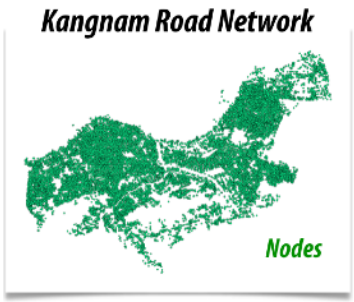
weather-data-1507-1606

day	hour	rainly_status	humidity	rainfall	sky_status	temperature	thunderstom	wind	wind_velocity
1	0	0	75	0	3	23.5	0	274	2.9
1	100	0	66	0	3	24.799999	0	284	2.1
1	200	0	62	0	3	25	0	273	3.8
1	300	0	52	0	2	26.700001	0	271	4.3
1	400	0	47	0	2	27.700001	0	270	2
1	500	0	46	0	3	27.6	0	255	5.4
1	600	0	43	0	3	27.700001	0	252	2.6
1	700	0	45	0	1	27.200001	0	243	2.7
1	800	0	46	0	1	26.6	0	246	3.5
1	900	0	50	0	1	25.299999	0	257	3.2
1	1000	0	57	0	1	24.1	0	248	1.8

Machine Learning Process

Business Understanding → Data Collection → Data Preprocessing → Traffic Prediction Modeling











$$C_{ij} = \hat{f}_r(t_i, l_j)$$

Model $\hat{f}_h$ **Pattern-based**

Model $\hat{f}_s$ **Statistical**

Model $\hat{f}_r$ **RNN-based**

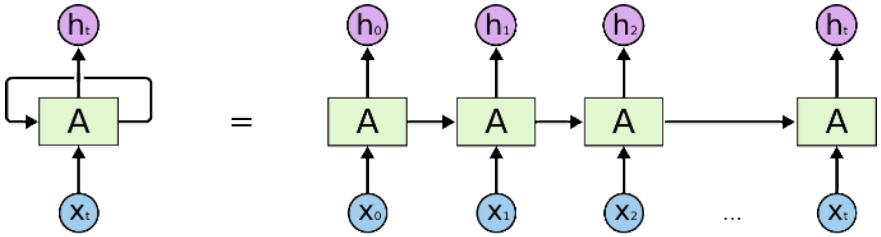
Traffic Prediction Modeling

- **Related Work: Statistical Modeling**
  - **ARIMA Model**
    - **Autoregressive Integrated Moving Average**

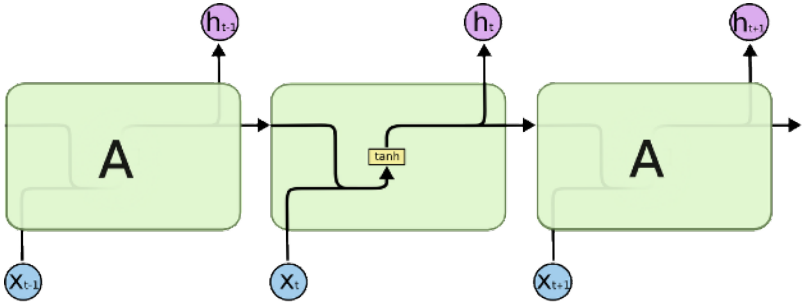
$$C_{ij} = \hat{f}_s(t_i, l_j)$$

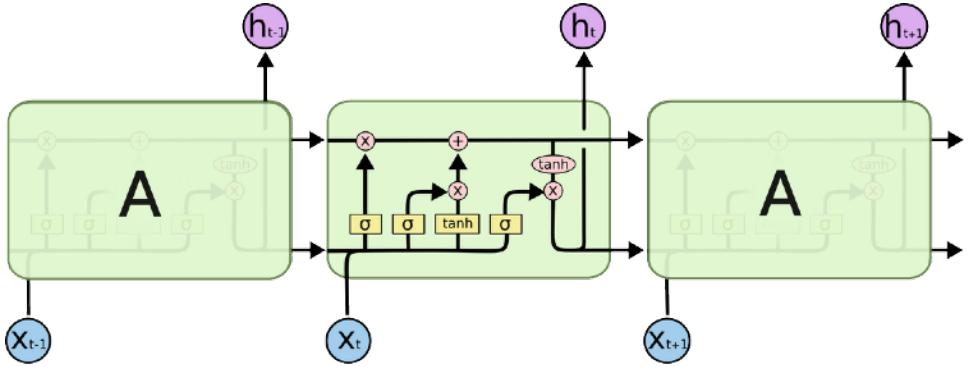
- ***Recurrent Neural Networks***
  - **Long-Short Term Memory (LSTM)**
  - **GRU (Gated Recurrent Unit)**

$$C_{ij} = \hat{f}_r(t_i, l_j)$$



Recurrent Neural Networks





Long-Short Term Memory (LSTM)

Image Source: http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/

Major Steps for Traffic Congestion Prediction

입력

데이터 전처리

머신러닝기반 모델

모델 클러스터링

예측

- 소통정보 (9.5GB)

* 소통정보 + 돌발정보 + 기상청 날씨정보 활용

- Interpolation

* 시간별 데이터의 링크별 데이터로 변환

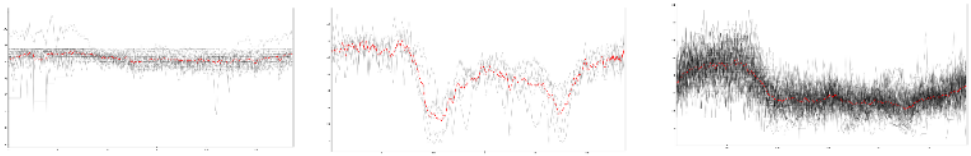
- LSTM

5분 단위 데이터->시 단위 데이터 변환
2일 데이터 입력(KMH, Month, Day, Hour, Weekday)

시 단위 데이터 변환된 KMH

	var1(h-24)	var2(h-24)	var3(h-24)	var4(h-24)	var5(h-24)	var1(h-23)	var2(h-23)	var3(h-23)	var4(h-23)	var5(h-23)	...	target(h+14)	target(h+15)	target(h+16)	target(h+17)	target(h+18)	target(h+19)	target(h+20)	target(h+21)	target(h+22)	target(h+23)
24	24.500000	4.0	1.0	0.0	2.0	31.666666	4.0	1.0	1.0	2.0	...	14.500000	13.666667	13.416667	14.416667	11.833333	13.750000	23.083334	17.666666	12.166667	17.250000
25	31.666666	4.0	1.0	1.0	2.0	26.666666	4.0	1.0	2.0	2.0	...	13.666667	13.416667	14.416667	11.833333	13.750000	23.083334	17.666666	12.166667	17.250000	25.083334
26	26.666666	4.0	1.0	2.0	2.0	26.333334	4.0	1.0	3.0	2.0	...	13.416667	14.416667	11.833333	13.750000	23.083334	17.666666	12.166667	17.250000	25.083334	20.916666

- TimeSeries KMeans

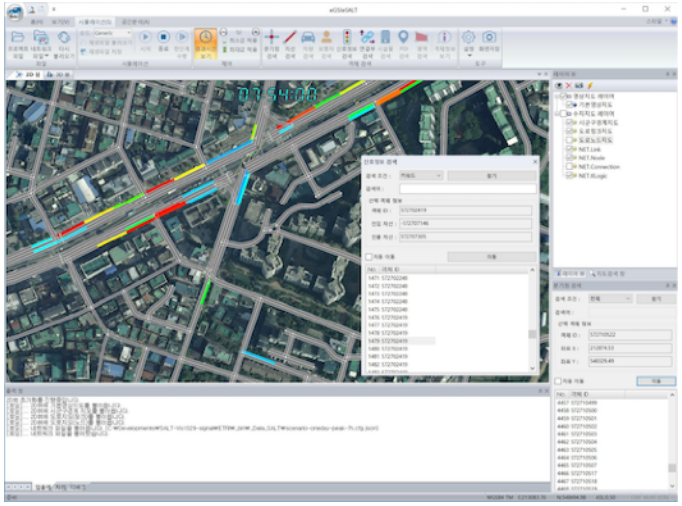


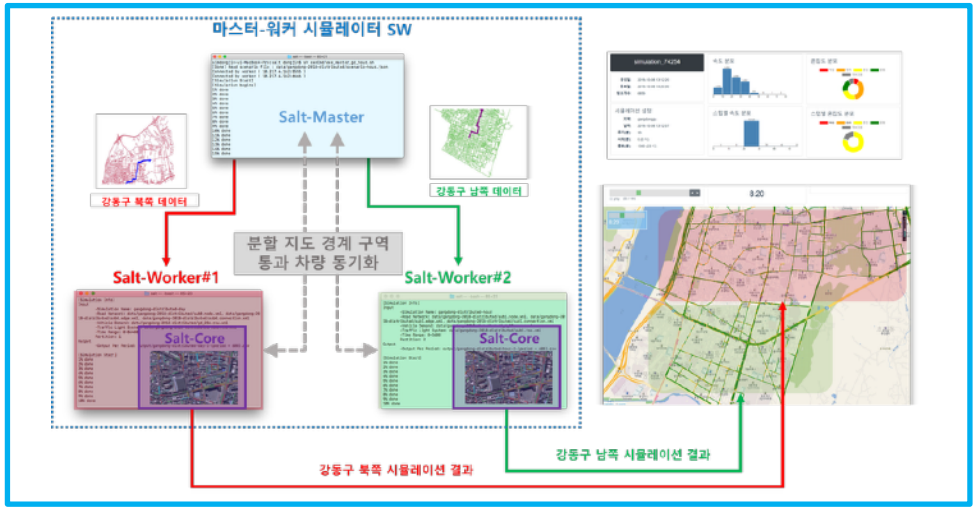
- MAPE

* 목표: 7~20%이내 예측정확도

```
-------------- MAPE(Mean Absolute Percentage Error) Histogram -------------
# NumSamples = 1830/1832
# Min = 1.91, Max = 63.21
# Mean = 14.667851, Variance = 43.583491, SD = 6.601779; Median 14.110721
# each ▪ represents a count of 12
    1.9099 -     8.0394 [   281]: ▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪
    8.0394 ~    14.1689 [   639]: ▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪▪
```

교통 시뮬레이션 기술

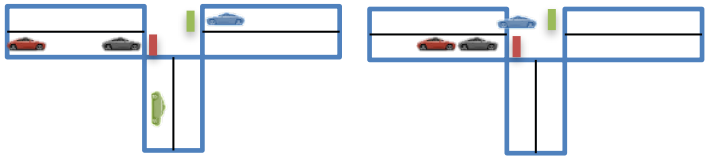



마스터-워커 시뮬레이터 SW
Salt-Master
강동구 북쪽 데이터
강동구 남쪽 데이터
분할 지도 경계 구역
통과 차량 동기화
Salt-Worker#1
Salt-Worker#2
Salt-Core
Salt-Core
강동구 북쪽 시뮬레이션 결과
강동구 남쪽 시뮬레이션 결과

트래픽 시뮬레이션 방법

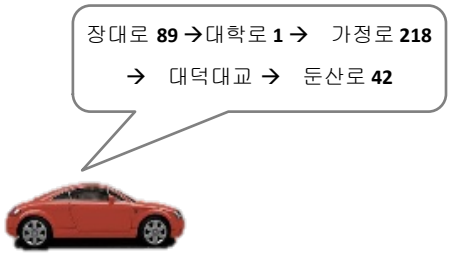
Microscopic Simulation

- **도로 네트워크와 차량들의 Route가 주어지면 매 tick마다 차량들의 위치를 변경**
  - 위치 변경 ← 해당 시점에서의 차량의 속도:
    앞차와의 거리, 차선변경, 차량 성능, 신호 등으로 결정



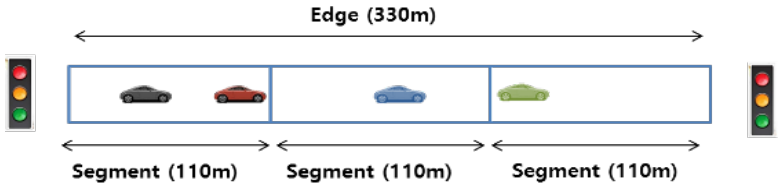
Tick=t　　Tick=t+1

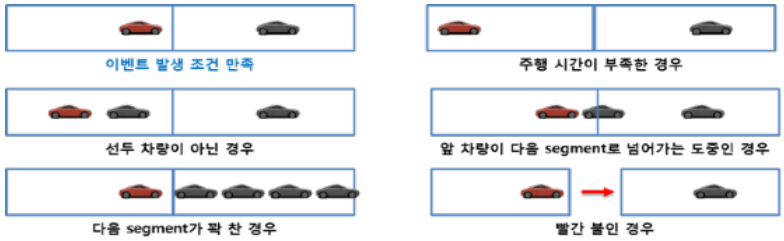
Vehicle attribute
Current Speed
Acceleration
Position
Vehicle Type
Length



Mesoscopic Simulation

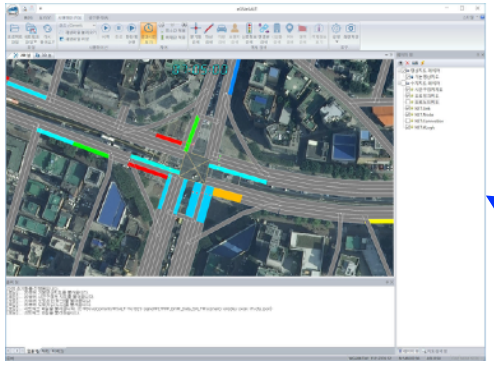
- **도로를 세그먼트라는 단위로 나눔**
- **Segment → 다음 segment로 이동하는 이벤트에 집중**
  * segment 내 차량을 Queue로 표현
  * segment 내에서는 일정한 속도 또는 정지





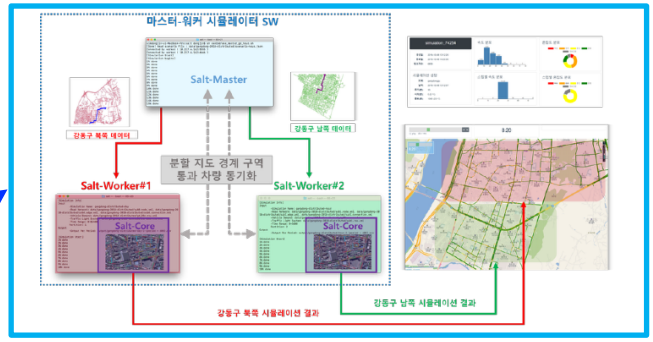
분산 병렬 메소스코픽 트래픽 시뮬레이터 SW

❖ ETRI 시뮬레이터 GUI



- ✓ 데스크탑용 시뮬레이터
- ✓ 도로망 기하정보 생성/가시화
- ✓ 타임스텝별 시뮬레이션 결과 가시화
- ✓ 차선/분기점 검색

❖ 마스터-워커 시뮬레이터 SW



- ✓ 분산 병렬 시뮬레이터
- ✓ 마스터-워커 아키텍쳐
- ✓ 분할 맵들간의 경계 동기화 처리

Visualization

Performance

ETRI 교통 시뮬레이터 코어

- 메소스코픽 트래픽 시뮬레이션
- 시뮬레이션 시나리오 객체 관리
- 도로망 | 신호 | 교통수요



통합 교통 데이터

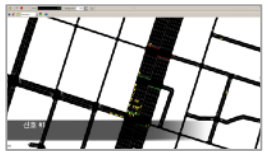


교통 수요 데이터 추정/생성

분산 병렬 메소스코픽 트래픽 시뮬레이터 SW

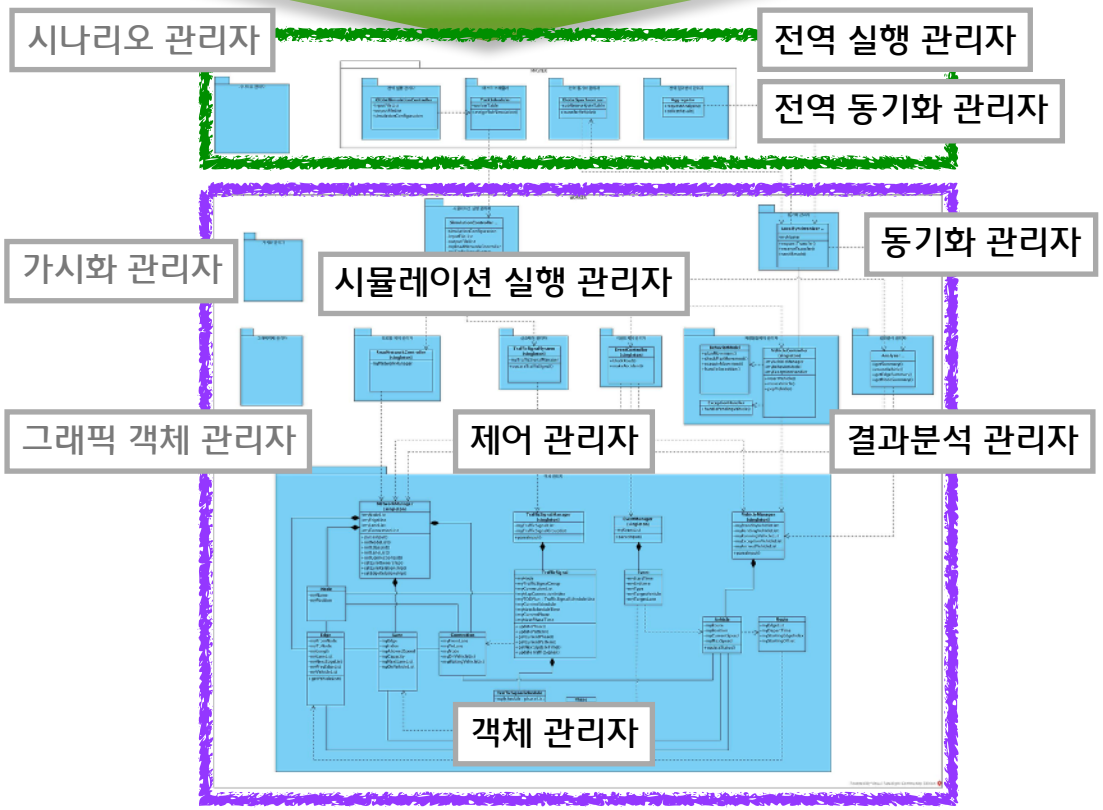
[정의]
대규모 교통 시뮬레이션 수행을 위해, 마스터-워커 프레임워크 기반의 분산 병렬 메소스코픽 트래픽 시뮬레이션을 수행하는 소프트웨어 [분산 병렬 트래픽 시뮬레이터 코어]

분산 병렬 메소스코픽 트래픽 시뮬레이터 SW



- 교통 예측 시뮬레이터 **상세설계/시험계획**
- 교통 신호 체계 검증 기본 모델 개발

개념도



ETRI Simulator GUI



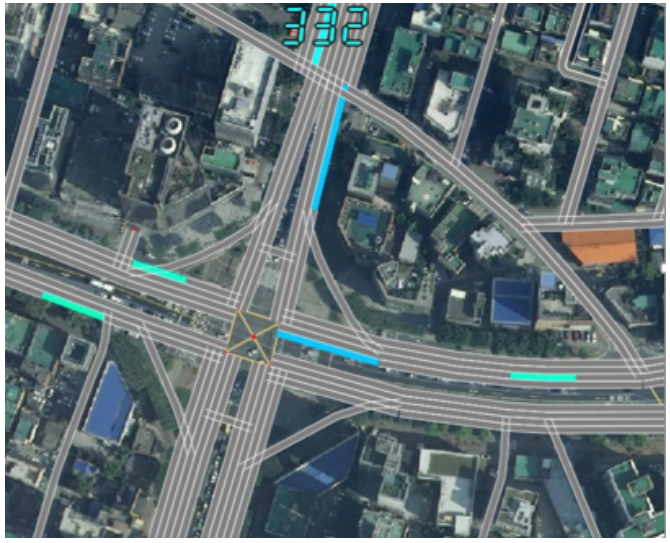
시뮬레이션 시나리오 입력 및 도로망 가시화

- **시뮬레이션 시나리오 입력 처리**
  - 코어를 통해 시나리오 로딩
    : 도로망(node, edge, connection), 신호(traffic signal), 수요(route)
- **강동구 도로망 기하 정보 생성 및 가시화**
  - 기본 기하 정보와 부가속성정보를 이용한 세부 도로 기하 정보 생성 후 가시화



매 타임 스텝별 시뮬레이션 가시화

- **시뮬레이터 코어를 통해 메소스코픽 시뮬레이션 실행**
  - 시뮬레이션 실행 제어
- **매 타임 스텝별 시뮬레이션 결과 가시화**
  - 메소스코픽 시뮬레이션의 각 셀별 교통 혼잡밀도 가시화
- **시뮬레이션 재생(replay) 기능**
  - 저장된 시뮬레이션 결과를 이용하여 시뮬레이션 가시화

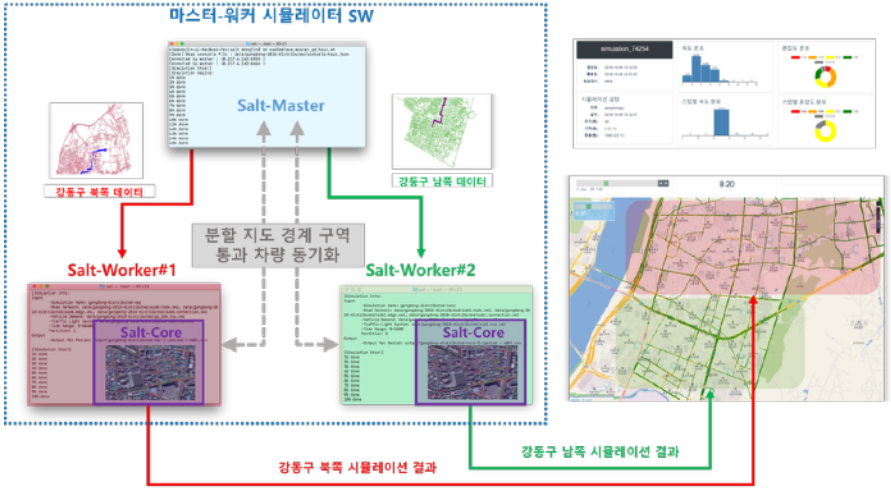


마스터-워커 시뮬레이터 SW

마스터-워커 시뮬레이터 SW

❖ 시뮬레이션 코어

- ✓ 셀 최소 길이 30m에 부합하는 도로 가정, 시뮬레이션 모델 수행
- ✓ 시뮬레이션 결과 데이터를 분석하여 링크별 평균 혼잡밀도 요약
- ✓ 가시화 대비 처리 가속화
- ✓ 신호, 차선 처리



❖ Master-worker 시뮬레이터 1.0 기능 개발

- ✓ **Master**
  - 시나리오 로딩 및 분배
  - Worker의 차량 이동 정보 동기화 요청 처리
  - Worker의 결과 파일 취합
  - 시뮬레이션 실행 제어
- ✓ **Worker**
  - 시뮬레이터 코어를 통해 각자 전달받은 분할된 시나리오 로딩
  - 시뮬레이션을 코어를 통해 각자의 시뮬레이션 병렬 수행
  - Master와의 통신으로 분할된 맵 경계를 통과하는 차량 이동 정보 동기화

❖ 강동구 테스트

- ✓ 강동구 (1만개 링크) 24시간 (37만 차량수요) 시뮬레이션
- ✓ 싱글 버전 처리시간: **90분 소요**
- ✓ 분산 버전 처리시간: **40분 소요** (남북 분할 2개 서브맵)

교통 시뮬레이터 클라우드 플랫폼 프로토타입 SW

[정의]
대규모 교통 시뮬레이션을 수행할 수 있는 교통 시뮬레이터 IaaS 기반의 클라우드 인프라

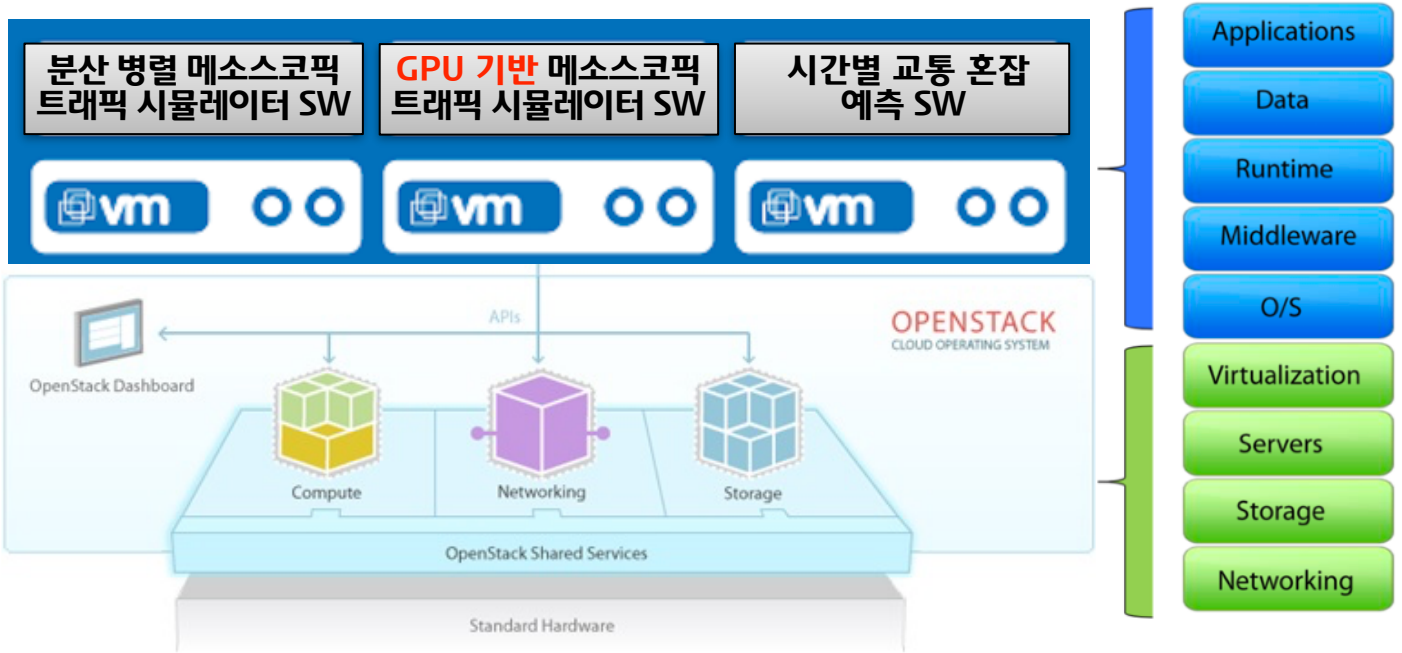
* **IaaS**: Infrastructure-as-a-Service

개념도

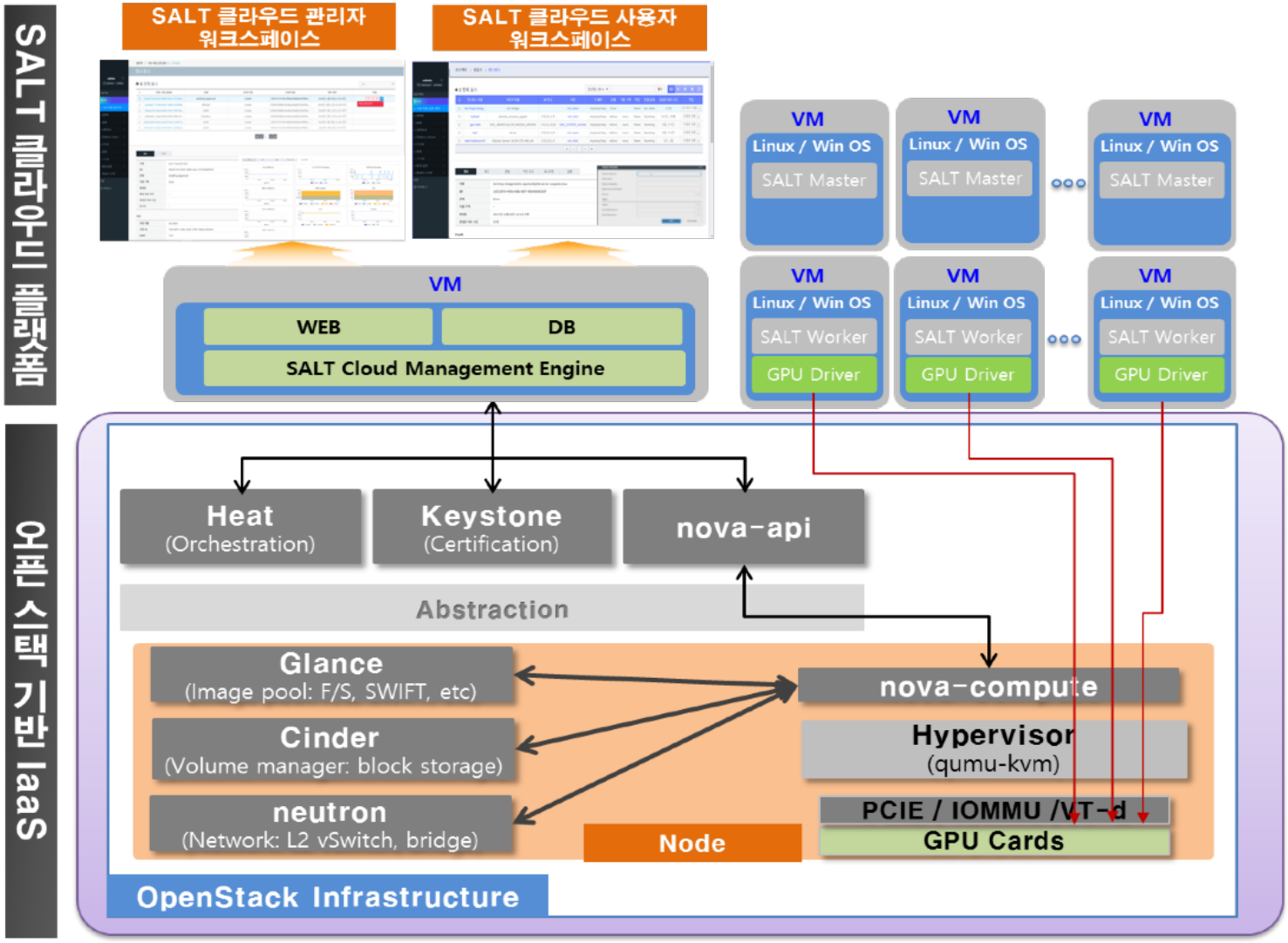
교통 시뮬레이터 클라우드 프로토타입 SW



- 교통 시뮬레이터 클라우드 프로토타입 개발
- GPU기반 시뮬레이터 배포 및 시험

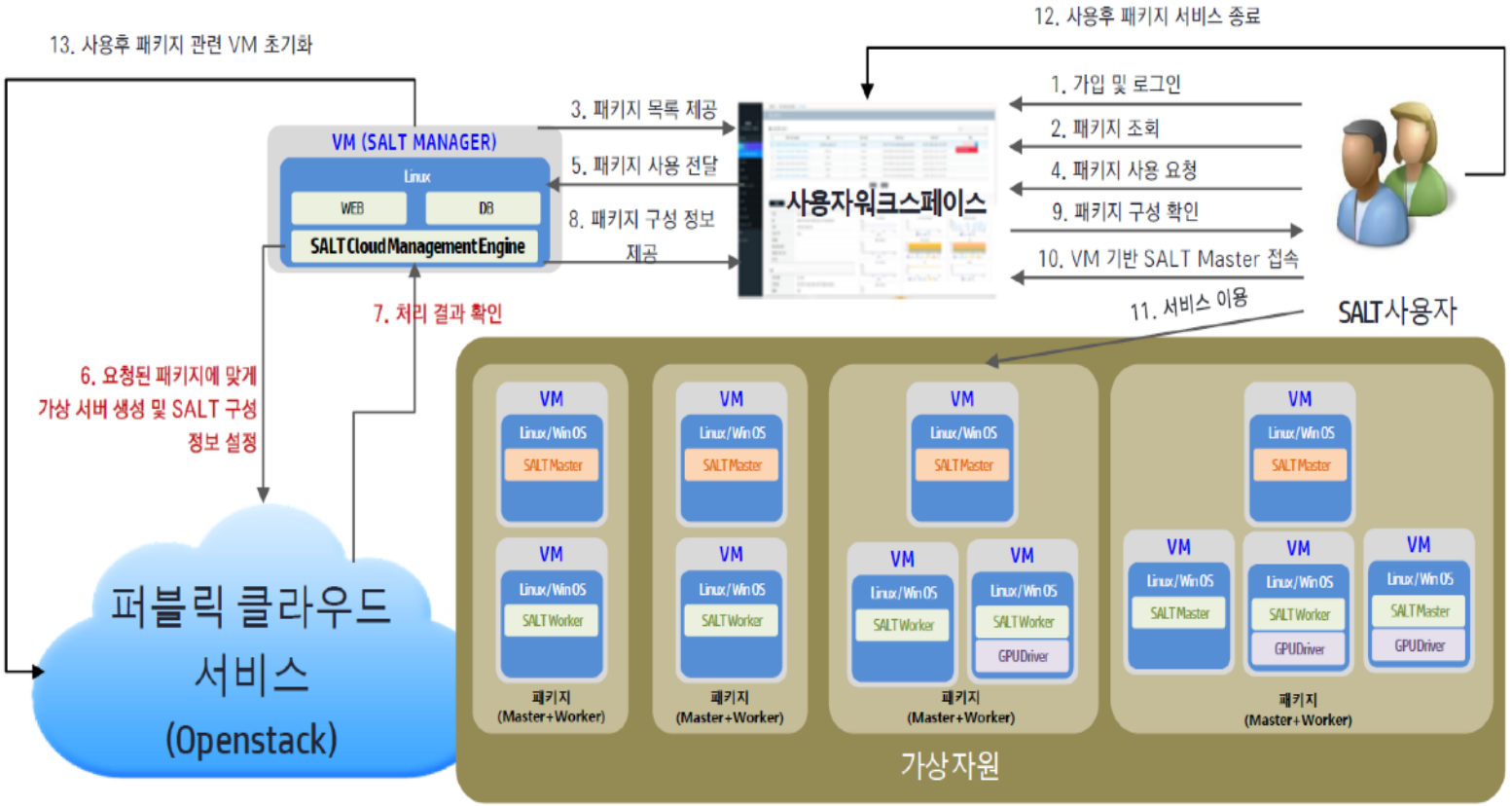


SALT 클라우드 플랫폼 구조도



활용방안

- 일반사용자: 교통 혼잡 예측 서비스, 경로 추천 서비스
- 지자체: 교통 시뮬레이션 클라우드 서비스
- 경찰청: 교통신호 최적화



Summary

- 스마트 교통 기술 동향
  - 교통 혼잡 예측 기술
  - 교통 시뮬레이션 기술

- ETRI 클라우드기반 교통 시뮬레이션 서비스
  - 통합 교통 데이터 플랫폼 SW
  - 분산 병렬 메소스코픽 트래픽 시뮬레이터 SW
  - 시간별 교통 혼잡 예측 SW
  - 교통 시뮬레이터 클라우드 프로토타입 SW


danke
謝謝
ngiyabonga
рахмат
teşekkür ederim
Баярлалаа
спасибо
thank you
gracias
dank je
tapadh leat
faafetai lava
vinaka
спасибі
blagodaram
misaotra
matondo
paldies
grazzi
mahalo
хвала
kiitos
dankie
nanni
nandri
dhanyavad
mauruuru
köszönöm
akun
dankon
ačiū
asante
manana
obrigada
tenki
bedankt
hvala
enkosi
bayarlalaa
grâçie
djiere dieuf
tau
mochchakkeram
murakoze
chokrane
dziękuję
mamnun
дякую
chnorakaloutioun
gratias ago
gràcies
sulpáy
go raibh maith agat
obrigado
sobodi
dēkuji
sagolun
sukriya
kop khun krap
taiku
takk
arigatô
dakujem
trugarez
mèsi
didi madloba
ありがとう
najis tuke
tanemirt
grazie
rahmet
terima kasih
dhanyavadagalu
shukriya
мерси
merci
kam sah hamnida
rahmat
diolch
mercè
তোমাকে ধন্যবাদ
감사합니다
xièxie
ευχαριστώ