

K-17-L05-C14

물리 센서 데이터 기반 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술 연구

한국과학기술정보연구원

2018년

과학기술정보통신부

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 미래창조과학부 정부출연금에서 지원하는 “한국과학기술정보연구원운영사업” 중 “물리 센서 데이터 기반 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술 연구”과제의 보고서로 제출합니다.

2018. 2.

주관연구기관명 : 한국과학기술정보연구원

주관연구책임자 : 과학데이터연구센터 정한민

연구원 :

이 용

김태홍

Athita Onuean

최남식

보고서 초록

과제관리번호	K-17-L05-C14	해당단계 연구기간	2017.06.01 - 2017.12.31	단계구분	창의사업
연구과제명	과제명	물리 센서 데이터 기반 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술 연구			
	과제명(영문)	Core Technology Research on SW Virtual and AI Sensors using Physical Sensor Data			
연구책임자	정한민	해당단계 참여연구원수	총 : 5 명 내부 : 2 명 외부 : 3 명	해당단계 연구비	정부: 155,750 천원 기업: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국과학기술정보연구원 과학데이터연구센터		참여기관명		
국제공동연구	해당 없음				
위탁연구 (공동연구)	해당 없음		해당 없음		
요약				보고서 면수	42
<p>본 연구과제의 목적은 4차 산업혁명 시대의 사회현안 해결 지원을 위해 IoT 기술 기반 사물 데이터 수집 및 분석 테스트 베드 구축을 통해 핵심기술 이슈를 도출하는 것임. 이를 위해 본 연구과제는 당해 연도에 다음과 같이 수행하였음.</p> <p>○ 사물 데이터를 활용한 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술연구 및 이슈 도출</p> <ul style="list-style-type: none">- 이동형 센서 기반 사물 데이터 수집 시스템 개발 및 운영- 국내 6대 광역시 도시 대상 사물 데이터 수집- SW 가상 센서 및 인공지능 센서 기반 데이터 통합 및 분석					
색 인 어	한 글	사물인터넷, 사물데이터, 가상센서, 인공지능,			
	영 어	Internet of Things, IoT Data, Virtual Sensor, Artificial Intelligence			

요 약 문

I. 제목

- 물리 센서 데이터 기반 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 4차 산업혁명 시대의 지능정보화 사회를 위해 공공·민간 연계 지능형 정보 융합 서비스 확산 사업의 정부 정책 기조
- 거대도시 등장 및 폭발적 인구 증가로 인한 도시화(Urbanization) 현상의 심화로 발생하는 각종 도시 환경 문제에 대처하기 위해 다양한 도시 상황 정보의 지능적 융합을 수행할 수 있는 사물데이터 처리 기술이 필요
- 해외 선진국은 시장 선점을 위해 스마트시티 핵심기술 연구개발 및 시범적용 프로젝트를 경쟁적으로 추진하고 있으나, 개별 도시 문제 해결을 위한 수직적 접근으로 상호호환 및 확장성에 한계가 있어 전체적인 사회공간 최적화에 충분히 기여하고 있지 못함
- 폭발적으로 증가하는 다양한 환경 센싱 데이터를 활용하여 복잡해져가는 사회 공간의 경쟁력 및 삶의 질을 향상시키고, 각국의 상황에 따라 데이터 개방, 지자체 관리 효율화를 데이터 수집 및 분석 기술 필요

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 물리 센서 선정 및 센서 네트워크 구축
- 센서 네트워크 운영을 통한 사물 데이터 확보
- 이종 센서 데이터 통합 시스템 구축 및 분석

IV. 연구개발결과

- 물리 센서 선정 및 센서 네트워크 구축
 - 32종/다수의 복합 센서 모듈 제작을 통해 센서 구동을 위한 HW, SW 기술적 이슈 도출
- 센서 네트워크 운영을 통한 사물 데이터 확보
 - 지역별, 시간별 차량 이동 경로 분석을 통한 효과적인 데이터 수집 방법 도출
- 이종 센서 데이터 통합 시스템 구축 및 분석
 - 수집 데이터의 분석을 위한 시스템 구축 및 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 기반 데이터 통합 및 분석
 - 도메인 전문가 그룹과의 협력을 통한 수집 데이터 분석 주제 발굴 및 분석 시범 연구 수행
- 이종 사물데이터 가시화 및 분석을 위한 프로토타입 시스템 개발
 - 이동형 센서로부터 수집한 데이터에 대한 이해와 분석 지원을 위한 시스템 설계 및 처리 규모 분석 등을 위한 프로토타입 시스템을 개발

V. 연구개발결과의 활용계획

- 이동형 사물 센터를 활용한 이종 데이터의 수집 및 분석
 - 이동형 사물 데이터 센서 네트워크 구축 및 운영, 센서 패키징 기술 확보
 - 실시간 수집되는 이종 데이터의 시간, 지역별 데이터 통합 기술 확보
- 실세계 한계비용 제로 기술 확보를 통한 4차 산업혁명 기반 플랫폼 개발
 - 한정적인 자원의 효과적인 활용을 위한 실제 데이터 기반 근거 확보
 - 기 투자된 스마트 시티 등 사물 인터넷 기술의 효용성 극대화
 - 고해상도 현황 모니터링 기술을 통한 사물 빅데이터 분석 원천 기술 확보

Summary

I . Title

- ☐ Core Technology Research on SW Virtual and AI Sensors using Physical Sensor Data

II . Objective of the study

- ☐ A government policy for intelligent convergence service propagation utilizing governmental and public data towards intelligent information society of 4th industrial revolution age
- ☐ Increasing demands for IoT technologies to solve a variety of urban problems made out of huge-scale cities with enormous population
- ☐ Rising social needs for technologies to optimize complicated urban systems up to the levels of developed countries which are already competing to equip with smart city core technologies and test-beds
- ☐ Needs to develop data gathering and analysis technologies to make efficient the data open and local government management

III . Contents and scope of the study

- Physical Sensor Packaging and Sensor Network Construction
- Acquisition of IoT Sensor Data from the Sensor Network Deployment
- Development of Data Integration and Analysis

IV. Results of the study

- ☐ Physical Sensor Packaging and Sensor Network Construction
 - Design of Sensor Packages holding 32 sensors
 - Derivation of Technical Issues in terms of H/Ws and S/Ws
- ☐ Acquisition of IoT Sensor Data from the Sensor Network
 - Spatial and temporal route analysis for efficient data gathering
- ☐ Conducting studies of heterogenous sensor data analyses
 - Development of systems for data analyses based on conceptual SW sensors and AI sensors
 - Cooperations to experts for domain-specific data analyses and exploring research and development issues
- ☐ Development of a prototype data integration system
 - Enabling integrated data analysis work

V. Application schemes

- ☐ IoT data gathering and analysis based on mobile sensor network
 - City-wide sensor data gathering on behalf of mobile sensor network
 - Temporal and spatial city monitoring by real-time data gathering
- ☐ Enabling zero marginal cost society by IoT data analysis
 - Maximizing the efficiency of real-world data utilizing
 - Connecting conventional smart cities to novel data platforms
 - Taking intellectual rights for advanced high-res. city monitoring based on IoT Big Data technology

Contents

I. Introduction

1. The necessities of the research
2. The purpose and scope of the research

II. Status of domestic and overseas technology development

1. Domestic status
2. Overseas status

III. Content and results of the study

1. Support for establishment of a national scientific data governance system
2. Research on technologies for data-intensive science with scientific big data

IV. Goal achievement and contribution to related areas

1. Goal achievement
2. Contribution to related areas

V. Application plan of research outcomes

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	1
제1절 목적 및 필요성	1
1. 연구개발의 목적	1
2. 연구개발의 필요성	1
제2절 연구개발 과제의 목표 및 내용	3
1. 연구개발 과제의 목표	3
2. 연구개발 과제의 내용	3
제3절 추진전략 및 방법	3
제4절 기대효과	4
제2장 국내외 기술개발 현황	5
제1절 국내 기술 개발 현황	5
제2절 국외 기술 개발 현황	6
제3장 연구개발 수행 내용 및 결과	11
제1절 사물 데이터 수집을 위한 센서 네트워크 구축	11
제2절 이종 센서 데이터 통합 시스템 구축 및 분석	15
제3절 이종 사물데이터 가시화 및 분석을 위한 프로토타입 시스템 개발	24
제4장 연구개발결과의 활용계획	26
제5장 참고문헌	27

표 차례

<Table 1 Comparison of Smart City Projects and Our Approach>	10
<Table 2 Sensor Device List>	12
<Table 3 List of Research Topics>	14

그림 차례

<Figure 1> Inside of Sensor Housing built in Roof Box	11
<Figure 2> The Test Car equipped with Sensor Roof Box	11
<Figure 3> An Example of Trajectory of Mobile Sensors	13
<Figure 4> Samples of Video shots taken by the test car	13
<Figure 5> Deep Learning (YOLO) based Object Recognition	15
<Figure 6> Examples of Object Recognition	15
<Figure 7> Examples of Pedestrians Recognition	16
<Figure 8> An example of Mistake in Object Recognition	16
<Figure 9> Degradation to Blurring	17
<Figure 10> Degradation to sudden light change	17
<Figure 11> Port Hole Issue about road management	18
<Figure 12> Classifying road conditions	18
<Figure 13> Labeling the road condition using camera images	19
<Figure 14> A Self-Learning Model for improving classifier performance ..	19
<Figure 15> A Heatmap about road conditions in Daegu City	20
<Figure 16> Prediction of Road Cracks from Sensor Data	20
<Figure 17> A Rising Concern about Particulate Matters	21
<Figure 18> A Research Model to study the relation between traffic and PM occurrence	22
<Figure 19> Co-relation Analysis: The positive relation; the more traffic, the more PM	22
<Figure 20> Urban Elster: A prototype system to enable integrated data ana lysis	23
<Figure 21> Functions targeted by the Urban Elster	24
<Figure 22> A screenshot of Urban Elster; supporting R-based interactive d ata and online analysis	24

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

4차 산업혁명 시대의 사회현안 해결 지원을 위해 IoT 기술 기반 사물데이터 수집 및 분석 테스트 베드 구축하고, 핵심기술 이슈를 도출

2. 연구개발의 필요성

□ 4차 산업혁명 시대의 지능정보화 사회를 위해 공공·민간 연계 지능형 정보 융합 서비스 확산 사업의 정부 정책 기조

- ◆ 데이터 유통·활용 촉진을 위해 데이터스토어를 개방형으로 전환하고 국가 기간 서비스(국방, 안전 등)에 지능정보기술 활용하여 지능형 융합서비스 확산을 주요과제로 제시 (과기정통부, 2017년도 업무계획)
- ◆ 공공서비스 및 민간산업 전반에 지능정보기술을 조기 도입 확산하여 생산성 향상 및 산업구조 고도화 선도(과기정통부, 지능정보사회 중장기 종합대책, 2016.12)
- ◆ 대통령 주재 제2차 과학기술 전략회의에서 9대 국가전략 프로젝트 중 하나로 “세계 선도형 스마트시티 구축사업”이 최종 선정 됨 (제2차 과학기술 전략회의, 2016.08.10.)

□ 거대도시 등장 및 폭발적 인구 증가로 인한 도시화(Urbanization) 현상의 심화로 발생하는 각종 도시 환경 문제에 대처하기 위해 다양한 도시 상황 정보의 지능적 융합을 수행할 수 있는 사물데이터 처리 기술이 필요

- ◆ 중국과 유럽의 도시 인구 증가, 도시 인프라 구축에 대한 압력, 과도한 에너지 소비(전체 70% 에너지를 도시가 소모), 환경오염(탄소 배출 오염의 주범), 에너지와 물의 부족, 교통 혼잡, 폐기물 처리 문제, 인프라 노화로 인한 안전 문제, 테러 문제 등이 복합적으로 발생
- ◆ 분야별로 전기료·수도료 및 에너지 사용 최대 20% 절감, 교통정체 최대 1

5% 해소, CO2 최대 15% 감축이 예상 됨 (국토교통과학기술진흥원 분석, K AIA, 2016.7.)

□ 해외 선진국은 시장 선점을 위해 스마트시티 핵심기술 연구개발 및 시범적용 프로젝트를 경쟁적으로 추진하고 있으나, 개별 도시 문제 해결을 위한 수직적 접근으로 상호호환 및 확장성에 한계가 있어 전체적인 사회공간 최적화에 충분히 기여하고 있지 못함

- ◆ 구글(google)은 15년 6월 살기 좋은 미래도시 건설을 목표로 사이드워크 랩 (SideWalk Labs) 설립 (2015.6.)
- ◆ 미국 대통령실은 미래사회 변화에 대응하기 위해 ‘스마트 아메리카 프로젝트 (Smart America Project)’를 추진하여 IoT를 활용한 스마트 시티 구축을 위한 연구를 NIST(미국국립표준기술연구소)주도로 추진 중임

□ 폭발적으로 증가하는 다양한 환경 센싱 데이터를 활용하여 복잡해져가는 사회 공간의 경쟁력 및 삶의 질을 향상시키고, 각국의 상황에 따라 데이터 개방, 지자체 관리 효율화를 데이터 수집 및 분석 기술 필요

- ◆ 스마트시티의 핵심은 도시 정보가 원활히 생산·유통·공유되고, 이를 통해 新 산업 육성이 가능한 플랫폼을 개발하는 것인 만큼, 도시정보 통합 플랫폼, 의사결정 지원시스템 등 기술 개발과 함께 오픈데이터 등 다양한 솔루션 개발환경 조성 (국토교통부 장관 주재 「스마트시티 발전방향」 정책간담회, 2017.1.)

제2절 연구개발 과제의 목표 및 내용

1. 연구개발 과제의 목표

□ **최종 목표:** 사물 데이터를 활용한 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술 연구

- ◆ 사물 데이터 처리·분석을 위한 데이터 처리 기술 개발
- ◆ 사물 인터넷 데이터 실측 및 데이터 기반 기술 검증 및 기술 이슈 도출
- ◆ 다계층 센서 네트워크 아키텍처 기반의 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 기술 개발

2. 연구개발 과제의 내용

□ 사물 데이터를 활용한 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 핵심 기반 기술 연구

□ 사물 데이터 처리·분석을 위한 데이터 처리 기술 개발

- 사물 인터넷 데이터 실측 및 데이터 기반 기술 검증 및 기술 이슈 도출
- 다계층 센서 네트워크 아키텍처 기반의 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 기술 개발

제3절 추진전략 및 방법

□ 물리 센서 선정 및 센서 네트워크 구축

- ◆ 데이터 수집을 위한 전략 설정 및 센서 패키징
- ◆ 도메인 전문가 활용을 통한 센서 선정

- ◆ 대상 도시 선정 및 데이터 수집 경로 선정
- ◆ 센서 패키징 및 데이터 저장/전송 시스템 구축

□ 센서 네트워크 운영을 통한 사물 데이터 확보

- ◆ 데이터 수집 경로에 따른 안정적인 센서 네트워크 운영
- ◆ 시험 운영을 통한 오류 정정 및 안정성 확보
- ◆ 전략적 운행 영역 및 시간 선정을 통한 고품질 데이터 확보

□ 이종 센서 데이터 통합 시스템 구축 및 분석

- ◆ 이종 데이터 통합 및 활용 플랫폼 구축, 수집 데이터 분석
- ◆ 이종 데이터 통합 활용 플랫폼 구축
- ◆ 위치 및 시간 기반 데이터 통합
- ◆ 통계 및 기계학습, 딥러닝 기법을 활용한 데이터 분석

제4절 기대효과

□ 국내 최초 이동형 사물 센터를 활용한 이종 데이터의 수집 및 분석

- ◆ 이동형 사물 데이터 센서 네트워크 구축 및 운영, 센서 패키징 기술 확보
- ◆ 실시간 수집되는 이종 데이터의 시간, 지역별 데이터 통합 기술 확보
- ◆ 다수의 센서에서 수집된 이종 데이터의 분석 기술 및 적용 기술 확보 과학 데이터 공동 활용을 위한 법제도 개선을 위한 기초자료로 활용

□ 4차 산업혁명 기반 실세계 최적화를 통한 한계비용 제로 기술 확보를 통한 실험 성공 검증

- ◆ 한정적인 자원의 효과적인 활용을 위한 실제 데이터 기반 근거 확보
- ◆ 기 투자된 스마트 시티 등 사물 인터넷 기술의 효용성 극대화
- ◆ 진일보된 고해상도 현황 모니터링 기술을 통한 사물 빅데이터 분석 원천 기술 확보

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술 개발 현황

- 한국건설기술연구원(KICT)은 ‘개방형 플랫폼 기반 초고층·복합시설 재난·재해 대응 통합 CPS(Cyber Physical System)구축 사업을 수행 (스마트 빌딩 : 재난 대응)
 - ◆ 초고층·복합건축물 재난·재해 상황에서 인명피해를 최소화하는 것을 목표로 함
 - ◆ 화염과 연기확산 방지를 위한 방화·방연 구획
 - ◆ 재난·재해 시나리오 및 위험도 예측
 - ◆ 구조적 안전성을 위한 실시간 감시 및 신속 보수·보강

- 계명대학교는 환경 재난 재해의 조기 감지를 위한 다형 영상 및 복합 센서 데이터 기반의 분석 예측 기술을 개발 (영상 분석 : 재난 예측)
 - ◆ 빅데이터와 ICT 기술, 환경공학을 활용해 영상을 분석하고 환경재난을 조기에 예측하는 것을 목표로 함
 - ◆ 녹조, 미세먼지, 도심열섬, 도시혼잡도 등 환경오염과 관련된 다양한 유형의 재난 재해 발생을 예측하기 위해 위성영상이나 센서, SNS 정보 등에서 정보를 수집 가공해 활용할 수 있는 공간스캐닝 플랫폼 기술에 주력

- 국토교통부의 스마트 시티 통합플랫폼 기반 구축 사업 (U-city : 화재, 구조, 치안)
 - ◆ 방법·교통·재난재해 정보시스템을 연계해 활용 가능한 플랫폼 구축
 - ◆ 6개 지자체로 확대·보급하며, 스마트 도시 안전망을 구축하기 위한 5대 서비스 제공
 - ◆ 주로 사회안전망 구축에 초점을 맞추어 플랫폼 구축

제2절 국외 기술 개발 현황

□ 미국 'City 600' 스마트 시티 프로젝트

- ◆ 미 연방 교통부는 30년 후의 미래 교통수단에 대해 'Beyond 2045 Traffic'이라는 30년 프레임워크를 제시함
- ◆ 이에 따르면, 새로운 스마트 도시가 빅데이터 구축 및 교통기술들과 그를 기반으로 한 응용기술을 이용해 도시 내 혼잡을 대폭 감소시키고 안전을 보장할 수 있다고 봄. 또한, 기후변화에 유연하게 대처함과 동시에 환경을 살리며 경제 활성화를 가져다줄 것으로 기대함
- ◆ 스마트 도시는 다가오는 미래에 안전하고 접근이 용이하며 신뢰할 만하고, 그와 동시에 이동성을 향상시키기 위해 요구되는 최첨단 교통기술들과 저탄소 차량 이용을 포함한 저탄소 교통시스템을 도시에 탑재하는 구조를 꾀하고 있음
- ◆ 실시간으로 수집되는 환경 관련 빅데이터는 도시와 시민이 발생하는 문제를 효율적으로 다룰 수 있게 하고, 올바른 도시 운영을 위한 데이터 공유를 용이하게 해 새로운 해결책을 제시할 수 있을 것으로 보임

□ 미국 샌프란시스코 (San Francisco)

- ◆ 버스 가용성→지불 시스템: 온라인 및 비접촉식 지불
- ◆ 주차 센서→주차 공간 모니터링 (2011년, SF Park initiative)→동적 주차 시스템에 데이터 사용→주차비용 조정

□ 중국

- ◆ 중국은 도시화가 가속화되면서 발생하는 문제에 대비해 2015년까지 320개 스마트 시티 구축 계획 발표했으며, 2025년까지 2조 위안(3,330억 불)을 투자할 계획
- ◆ 스마트 시티의 목표는 스마트기술의 통합, 스마트산업의 첨단 발전, 국민의 생활을 편리하게 하는 스마트서비스 효율화 도모 등
- ◆ 사물인터넷과 클라우드 컴퓨팅 센터를 통한 도시 관리와 사회공공서비스 기

능 구현

- ◆ 기반시설 및 업종별 업무 플랫폼, 기구축·구축·미구축 정보 시스템간의 호환성, 데이터자원 연계 등 시스템 통합이 중점
- ◆ 스마트 시티의 계획의 목표
- ◆ 정보기반 기술, 도시 관리 및 서비스 업무의 결합과 응용·혁신
- ◆ 전체 계획을 통한 스마트 시티 건설지표 마련과 성과 평가
- ◆ 스마트 시티 계획의 구체적 방향 및 전략 수립

□ 일본

- ◆ 도쿄의 2020년 스마트 도시화 사업
- ◆ Panasonic, Sharp, Mitsubishi 외 다수 IoT 기업의 지속적인 투자 도시
- ◆ 2006년부터 태양에너지와 풍력에너지 사업에 꾸준한 투자 중
- ◆ 일본, 스마트 시티 포털을 통해 해외 진출 강화
- ◆ 스마트 시티 전략의 세가지 목표는 에너지 이용 효율화, 지역개발 활성화, 글로벌 경쟁력 강화이며 지자체별로 스마트 시티 추진계획을 마련
- ◆ 11년 3·11 대지진 이후, 돗토리, 오카야마, 니이가타, 이와테, 야마나시, 아오모리, 미야기, 효고, 야마구치켄 등 10개시가 스마트 시티 추진계획을 마련
- ◆ 제4차 에너지 기본계획에서 에너지 이용 효율화와 고령자 돌봄 등 생활 지원 시스템을 포함한 스마트 시티 구축 계획을 명기
- ◆ 또한, 외교적 노력을 통해 델리-뭄바이 산업화(DMIC·Delhi-Mumbai Industrial Corridor) 사업에 포함된 6개 스마트 시티 조성 추진 참여
- ◆ 인도 DMIC 사업으로 추진되고 있는 6개 스마트 시티는 각각 개발 속도는 다르지만 대체로 이미 수립된 마스터플랜에 따라 2015년 상반기부터 세부 프로젝트를 본격 추진 예정

□ 싱가포르

- ◆ Smart Nation Program
- ◆ 2014년, 도시 전체에 센서 및 카메라 설치
- ◆ 환경 및 교통 정보 추적→금지 구역에서 흡연 감시, 고층 건물에서 쓰레기 투척 감시
- ◆ 스마트 이동성(mobility) 정책과 기술 & 무선 연결성 (wireless connectivity)

y)

- ◆ Virtaul Singapore 개발 중(3차원 모델)→응급 상황에 처한 지역에서 대피 방법 검증
- ◆ CCTV 영상 확인을 통한 주차 모니터링
- ◆ 운송 네트워크(transport network): 도로 감지기, 단계적 신호등, 스마트 주차를 통한 트래픽 향상(자동차 주행 평균 속도 향상)
- ◆ 센서에 의해 수집된 데이터와 관계된 공개 데이터 플랫폼을 만들어 시민 참여 유도

□ 인도

- ◆ 인도의 스마트 도시화
- ◆ 세계 수준의 스마트 도시 개발에 힘쓰고 있음
- ◆ Digital India 의 비전: 전국에 100개의 스마트 도시 건설 계획
- ◆ CT & 유비쿼터스 컴퓨팅 패러다임은 스마트 도시의 핵심
- ◆ 스마트 장치를 광범위하게 분산→도시 환경 모니터링→시간에 반응→자동화된 제어→지능형 의사 결정 정보 수집→다양한 서비스 촉진→도시 생활의 질을 향상
- ◆ 스마트 도시 인프라: 센서 데이터 저장 및 공유를 위한 데이터 센터/클라우드/분산 네트워크
- ◆ 무선 센서 네트워크: 압력, 소음, 온도, 소리, 주변 광 수준, 독성 가스 농도
- ◆ 시맨틱 센서 네트워크(SSN): 센서 데이터 공유/재사용, 이기종 환경에서의 데이터 처리 지원

□ 덴마크

- ◆ 코펜하겐의 'Connecting Copenhagen' 프로젝트
- ◆ 그린시티로 이미 잘 알려져 있는 코펜하겐은 자동차의 대체수단인 자전거와 대중교통에 막대한 투자를 해 2025년까지 대기 내 이상화탄소 배출량을 최소화하는 데 초점을 맞춤
- ◆ 텔레커뮤니케이션 기반시설을 앞세우며 M2M(Machine to Machine) 커뮤니케이션에 중점 지원 및 투자 활성화

□ 스페인

- ◆ 스페인 도시들의 스마트화 가속
- ◆ 극심한 경기침체와 재정위기에도 스페인 정부는 에너지 절약과 관련된 투자를 확대해 나감
- ◆ 이는 EU가 목표로 한 2020년까지 에너지 소비 20% 감축 목표를 달성하고자 하는 데에 기인
- ◆ 스페인 내 일부 주요 대도시에서도 이러한 추세에 발맞춰 재생에너지 기반 전력발전 축진은 물론, 도심 내 전기자동차 인프라 구축, 전력망의 스마트 그리드 등을 통해 스마트 시트로 변모 중에 있음. 이에 따라, IDC 컨설팅은 최근 11월 조사를 통해 스페인에서 가장 '스마트'한 도시를 다음과 같이 선정함

□ 영국

- ◆ 스마트 런던 플랜
- ◆ 런던 datastore를 통해 스마트 시티 이니셔티브 공개 자료 제공
- ◆ 사용자 위치 파악 앱 제공→목적지 경로 탐색 제공 (개방형 데이터 활용)
- ◆ 스마트 주차 (웨스트 민스터 지역)
- ◆ 버스 네트워크→스마트 교통 기술→교통 신호등 관리 및 혼잡 도시 알림 메시지 제공
- ◆ 런던 데이터 스토어를 통한 공공데이터 개방 증대
- ◆ 런던을 유럽의 디지털 기술 중심도시로 육성
- ◆ 기존의 스마트 시티 활동들과 새로운 프로그램의 융합 추진

□ 국가별 주요 프로젝트 요약 및 비교

<Table 1 Comparison of Smart City Projects and Our Approach>

국가	산업적 측면	정책적 측면
미국	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 총 1.6억달러 규모의 R&D 사업으로 16년 예산으로 3,500만 달러 편성 ▷ 교통혼잡 해소, 경제성장 촉진, 기후변화 대응 등 지역문제 해결 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 지역 협력모델 개발, 민간 기술분야 협력 등 스마트 시티 4대 전략 추진
유럽연합 (EU)	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 바르셀로나 스마트 시티 프로젝트는 시스코 등 글로벌 기업이 기술 제공 ▷ 덴마크의 리빙랩은 시민 중심의 미래 도시 방향 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 13년 스마트 시티 및 커뮤니티 혁신 파트너십 전략 실행계획 발표
싱가포르	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 대학 및 다국적기업, 시민 등과의 협력 체계를 구축하여 시범사업을 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 스마트 시티의 효율적 추진을 위해 오픈 데이터를 도입
영국	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 급격한 인구 증가로 인한 도시문제 해결을 위해 스마트 런던 플랜 발표 ▷ IBM, 인텔 등 IT기업과 맞춤형 스마트 시티 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 장기적인 ICT 산업 발전을 촉진하기 위한 정보 경제 전략을 발표
중국	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 15년 500개 스마트 시티 구축 계획을 발표, 2025년까지 1조 위안(약 182조 원)을 투자계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 도시인구의 급격한 증가와 도시별 경제적 격차 문제를 해결하기 위한 방안으로 스마트 시티 정책 채택
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 스마트 시티를 위한 데이터 플랫폼 구축 ▷ 총 1,780사 참여 및 12억 유로 투자 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 에너지 전환법을 통과시켜 2050년 에너지 소비를 절반 수준으로 줄이는 것을 목표로 스마트 시티 제시
KISTI	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 스마트 시티를 위한 기반 데이터 및 지능 데이터를 위한 생태계 구축 ▷ 광역시 단위로 순차적 테스트베드 구축을 통해 시범적 운영 예정 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 데이터 공개 및 생태계 구축을 통해 시장 창출 ▷ 스마트 시티 기반 데이터를 구축하여 부처 간 유기적 대처 방안 제시

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

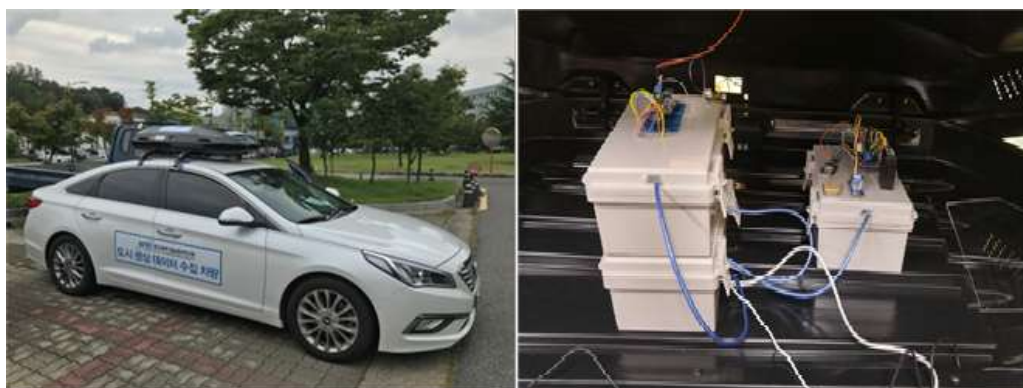
제1절 사물 데이터 수집을 위한 센서 네트워크 구축

□ 물리 센서 선정 및 센서 네트워크 구축

- ◆ 32종/다수의 복합 센서 모듈 제작을 통해 센서 구동을 위한 HW, SW 기술적 이슈 도출



<Figure 1> Inside of Sensor Housing built in Roof Box



<Figure 2> The Test Car equipped with Sensor Roof Box

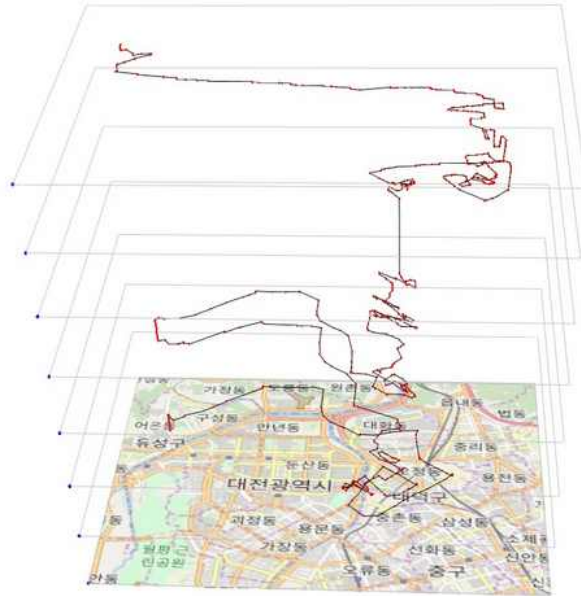
- ◆ 안정적인 데이터 확보를 위한 테스트를 수행함으로써 물리 센서 데이터 수집 시 발생할 수 있는 기술적 이슈 도출

<Table 2 Sensor Device List>

구분	측정항목	센서명
대기환경 데이터		
1	온도	SHT31
2	습도	
3	미세먼지	SEN0177
4	산소	Grove - Gas Sensor(O2))
5	오존	MQ131
6	일산화탄소	GroveGassensor
7	이산화탄소	MG-811
8	아황산가스	ULSPM-SO2
9	VOC	MiCS-5524
10	이산화질소	GroveGassensor
11	수소	GroveGassensor
12	대기압	MPL3115A2
교통환경 데이터		
13	GPS	GY-NEO6MV2
14	RPM	OBDII TTL Adapter
15	SPD	
16	DIST	
17	RNTIME	
18	ABTEMP	
19	BAT	
20	ENGLOAD	
14	가속도	MPU-6050
15	자이로	MPU-6050
16	진동	DFR0052
생활환경 데이터		
17	자외선	ML8511
18	조도	BH1750
19	소리	DFR0034
20	우적	SZH-SSBH-022
유동인구 데이터		
21	블랙박스	FXD990 2K 아이나비
22	웹캠	로지텍 c920r
건강 데이터		
23	심박동	fitbit

□ 센서 네트워크 운영을 통한 사물 데이터 확보

- ◆ 지역별, 시간별 차량 이동 경로 분석을 통한 효과적인 데이터 수집 방법 도출



<Figure 3> An Example of Trajectory of Mobile Sensors

- ◆ 운영 및 유지보수 이슈 도출을 위한 광역시 수준 전용차량 운행
- ◆ 실제 대전, 대구의 대기 환경, 생활환경, 교통환경, 유동인구 등의 데이터를 수집 중이며 추후에 데이터를 분석하여 빅데이터 기술, 인공지능 기술로 도시 환경 개선 정책에 적용 예정



<Figure 4> Samples of Video shots taken by the test car

제2절 이종 센서 데이터 통합 시스템 구축 및 분석

- ◆ 수집 데이터의 분석을 위한 시스템 구축 및 SW 가상 센서 및 인공지능 센서 기반 데이터 통합 및 분석
- ◆ 도메인 전문가 그룹과의 협력을 통한 수집 데이터 분석 주제 발굴 및 분석 시범 연구 수행

<Table 3 List of Research Topics>

번호	데이터 분석 주제
1	보행자 및 차량 인식 기술 개발
2	가로수 영상 인식 기술 개발
3	대기 상태가 수면의 질과 생산량에 미치는 영향
4	식생 및 인체 생체 정보의 연관 관계 분석
5	도시 구역 별 운전자의 운전 스트레스 분석
6	도로변 대기 오염 물질 실시간 측정 자료를 이용한 노출 및 위해성 평가
7	대기 오염이 교통 사고율에 미치는 영향
8	교통 및 대기 환경 데이터를 이용한 불균형 노면 상태식별 및 예측
9	대기 환경과 차량 별 배출 가스 상관관계 분석
10	도시 환경 데이터로부터의 이상 패턴 및 이상 구역 발견
11	가상 SW 운용을 위한 인공 지능 센서 설계
12	이동체 기반 관측 데이터의 고정형 데이터 변환을 위한 보정 매개 변수 도출

- 이동 데이터 수집 차량에 설치한 웹 캠 및 블랙박스 영상 데이터를 활용한 보행자 및 차량 인식 시범 연구
- 영상 인식 분야에서 최근 각광 받고 있는 CNN 기반 YOLO 방법을 활용 (YOLO: You ONLY Look Once, CVPR 2016)
- 일반 차량, 트럭, 보행자 등의 인식에서 실용적으로 사용할 수 있을 정도의 성능을 보임을 확인
- 기술 도출: 다양한 경 조건에서의 영상 내 객체 인식 기술 개발 필요

- Single stage-based Object Detector

-

- [illegible]

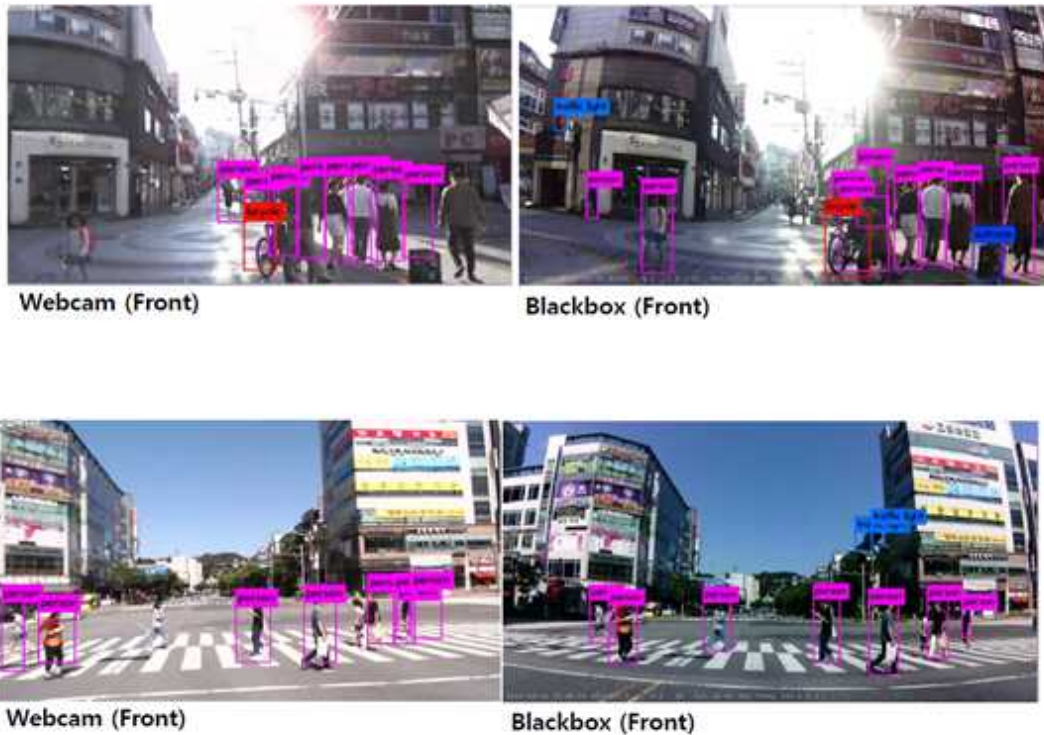
Real-Time Detectors	Train	mAP	FPS
100Hz DPM [30]	2007	16.0	100
50Hz DPM [30]	2007	26.1	50
Fast YOLO	2007+2012	52.7	155
YOLO	2007+2012	63.4	45
<hr/> Less Than Real-Time <hr/>			
Fastest DPM [37]	2007	30.4	15
R-CNN Minus R [20]	2007	53.5	6
Fast R-CNN [14]	2007+2012	70.0	0.5
Faster R-CNN VGZ-16 [21]	2007+2012	73.2	7
Faster R-CNN VF [37]	2007+2012	62.1	18

<Figure 5> Deep Learning (YOLO) based Object Recognition



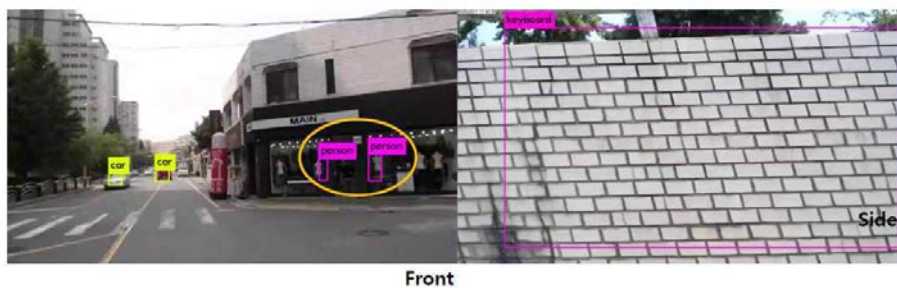
<Figure 6> Examples of Object Recognition

- 보행자 인식 결과: 다수의 보행자를 비교적 잘 인식하였으며, 도시 내에서 유동인구의 개략적인 카운트 및 분포를 파악하기 위해 실제 적용 가능한 수준.



<Figure 7> Examples of Pedestrians Recognition

- 인식 오류 분석:
 - (1) 학습 데이터의 부족: 딥러닝은 주어진 학습 데이터를 기반으로 학습을 통해 인식을 수행하기 때문에 인식에 오류가 발생할 수 있음.
 - 예) 마네킨->사람으로 인식. 벽돌->키보드로 인식.
 - (마네킨 및 벽돌에 대한 학습 데이터 부족으로 발생하는 현상).



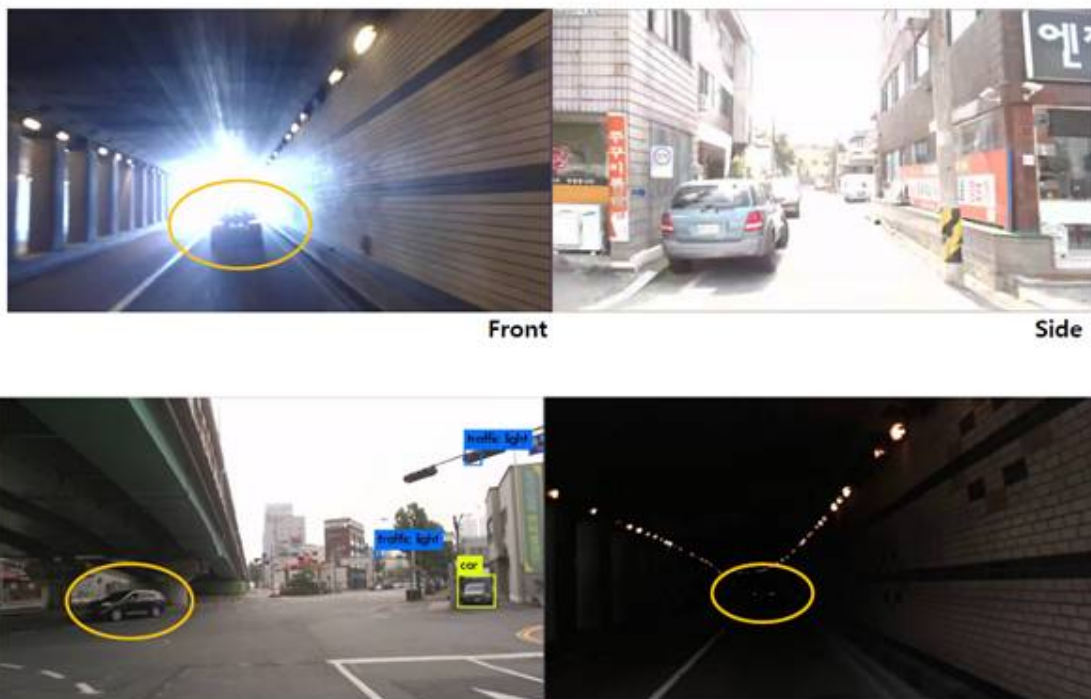
<Figure 8> An example of Mistake in Object Recognition

- (2) 흐린 한 영상: 이동하는 차량에서의 영상 촬영으로 인해 초점이 맞지 않거나 영상이 흐린 한 경우, 인식 성능이 나빠지는 경우 발생. 또한 차량 속도가 빨라지는 경우, 영상 품질이 급격히 떨어져 인식기가 제대로 동작할 수 없음. 따라서, 도시의 다양한 주행 조건에서도 인식 성능을 높이기 위한 기술 개발 필요.



<Figure 9> Degradation to Blurring

- (3) 급작스런 조도 변화: 터널에서 백-라이트 및 어둠에 의해서도 인식 성능이 떨어지는 문제 발생. 도시의 다양한 조명환경 변화에도 강인한 인식기 개발 필요.



<Figure 10> Degradation to sudden light change

2) 교통 및 대기 환경 데이터를 이용한 불균형 노면 상태식별 및 예측

- 이동 데이터 수집 차량에 설치된 센서 데이터를 활용하여 노면 상태를 식별하고 예측하기 위한 시범 연구
- 차량 영상을 함께 사용하여 직접 노면 상태를 확인하고 레이블링하여, 노면 상태를 분류하기 위한 학습 데이터 준비. 특히, 분류기의 성능을 높이기 위한 Self-Learning을 통해 Prediction-Learning을 반복함.
- 기술 도출: 센서 데이터 기반 노면 상태 분석 및 예측 기술 개발 필요

노면의 상태는 다양한 환경적 변화 등에 영향을 받기 때문에 이를 통해 간접적으로 노면 상태를 예측할 수 있음. 이를 위해서는 센서 데이터로부터 노면 상태를 분류하고 미래 상태 변화를 예측할 수 있는 기술 개발이 필요.

도로사고 주범 '포트홀' 지난해에만 서울서 6304건...재발률도 높아

포트홀 발생건수 2013년 1만5323건, 2014년 5236건...무성의한 정비 등 영향 월계1교 언더패스 재발율 54%

머니투데이 | 김경원 기자 | 입력: 2015.09.11 14:29

기사 소셜댓글 기사공유



박원순 서울시장의 20일 오전 서울 동구 세종대로 서울역 교차로 인근에서 '동국대사 및 포트홀 신고시스템' 운영 현장점검에 나서 실제 포트홀을 보고 있다./사진=뉴스1

도로사고의 주범으로 꼽히는 포트홀이 지난해에만 6304건이 발생하는 등 지속적으로 반복되면서 교통 안전을 위협하는 요인으로 떠올랐다. 특히 표면만 보수하는 무성의한 정비로 포트홀의 재발이 빈번한 것으로 나타나 근본적 대책이 요구된다.

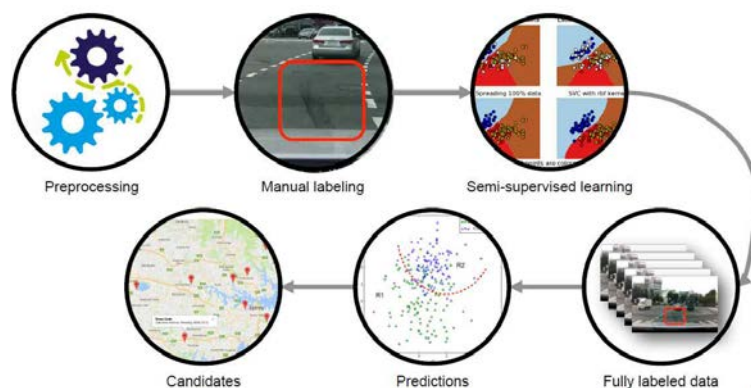
11일 서울시에 따르면 지난해 포트홀은 전년(5236건) 대비 20.4% 늘어난 6304건이 발생한 것으로 집계됐다. 비가 많이 왔던 지난 2013년엔 포트홀은 무려 1만 5323건이나 발생하기도 했다.

지난해 포트홀이 많이 발생한 취약 구간을 대상으로 파악해본 결과 무엇보다 포트홀의 재발율이 매우 높은 것으로 나타났다. 월계1교 언더패스의 경우 지난해 포트홀이 104건 발생했으며, 재발율은 54%에 달했다.

마들지하차도도 152개의 포트홀이 발생해 재발율이 32%를 기록했다. 중랑교측 언더패스도 포트홀이 103건 발생했고, 재발율이 29%를 기록했다. 월릉교언더패스도 74건의 포트홀이 발생했고, 재발율이 23%를 나타냈다.

8

<Figure 11> Port Hole Issue about road management



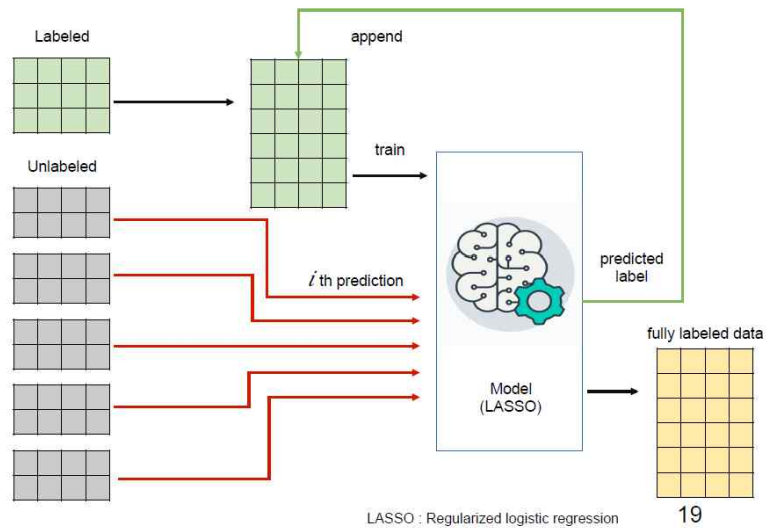
<Figure 12> Classifying road conditions



<Figure 13> Labeling the road condition using camera images

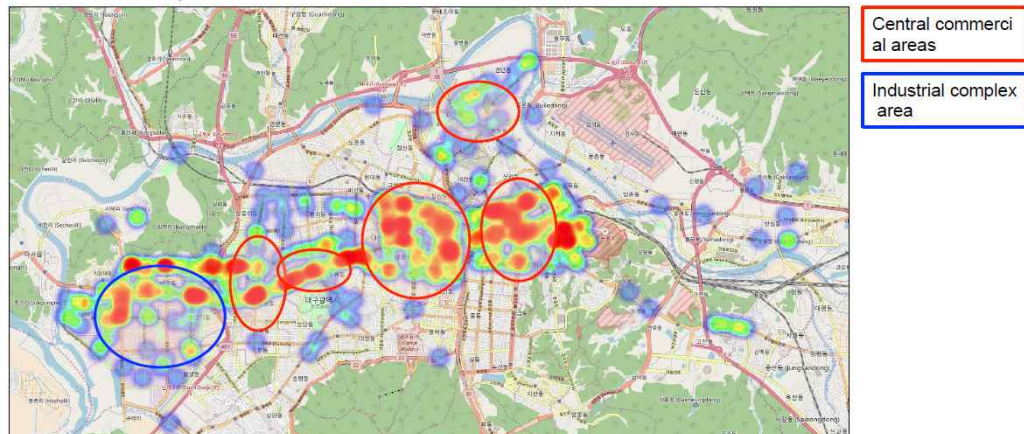
Self-learning

- Heuristic approach of semi-supervised learning
- Often used in NLP or image processing
- Learning algorithm
 1. Learn a model using labeled data
 2. Predict subset of unlabeled data
 3. Bind previous labeled and predicted data
 4. Repeatedly learning model and predicting unknown



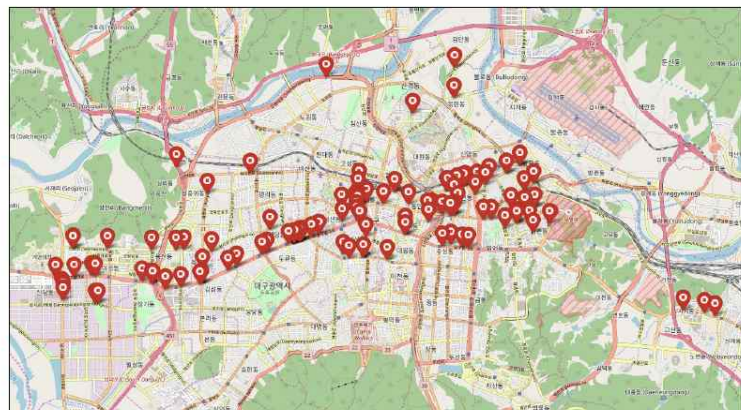
<Figure 14> A Self-Learning Model for improving classifier performance

- The candidates are placed near commercial and industrial areas



<Figure 15> A Heatmap about road conditions in Daegu City

- Find candidate points that are likely to have unbalanced road surface
 - High probability to become a defective road
- Possible candidates result (Top rank 100)



<Figure 16> Prediction of Road Cracks from Sensor Data

3) 대기 환경과 차량 별 배출 가스 상관관계 분석

- 미세먼지에 대한 사회적 관심이 높아지면서 그 원인의 하나로 교통량과의 관계 분석이 중요해지고 있으며, 교통과 영향 관계 분석을 위한 시범 연구 수행.
- 이동 차량으로부터의 센서 데이터 뿐만 아니라, 기존 노면에 설치된 자기 기반의 VDS(Vehicle Detection System)를 활용한 교통량 분석 데이터를 함께 활용하여 교통량과 대기 상태와의 관계 분석 연구 수행.
- 기술 도출: 센서 데이터 기반 노면 상태 분석 및 예측 기술 개발 필요
노면의 상태는 다양한 환경적 변화 등에 영향을 받기 때문에 이를 통해 간접적으로 노면 상태를 예측할 수 있음. 이를 위해서는 센서 데이터로부터 노면 상태를 분류하고 미래 상태 변화를 예측할 수 있는 기술 개발이 필요.

- It is said that traffic is one of the main reasons for PM (Particulate Matter) air pollution at urban areas
- By the way, how much correlation is between PM air pollution and traffic status? Which factor of traffic does majorly affect PM air pollution?



- To answer this, we will analyze correlation between PM and ...

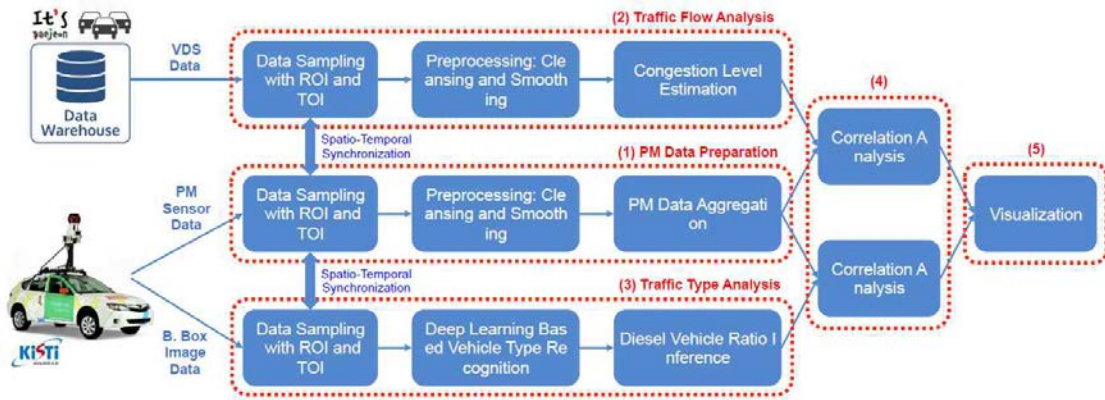
✓ Quantitatively: flow of traffic



✓ Qualitatively: type of traffic



<Figure 17> A Rising Concern about Particulate Matters



<Figure 18> A Research Model to study the relation between traffic and PM occurrence

- 데이터 취득기간: 2017-08-25 ~ 2017-09-22
- 분석 시간대: 10:00 ~ 17:00
- 분석 지역: 계룡로 및 대덕대로 (통상적으로 교통량이 많고 PM 데이터가 양호하게 수집된 구간)



▪ Correlation Analysis (Pearson Coefficient)

	PM	PM1.0	PM2.5	PM10
Traffic				
Speed		0.327	0.303	0.306
Congestion Level (TTI)		-0.343	-0.328	-0.332

[Observation]

- ✓ 주행속도와 PM은 비교적 뚜렷한 양의 선형 상관관계 ($r > +0.3$)
- ✓ 정체도(TTI)와 PM은 비교적 뚜렷한 음의 선형 상관관계 ($r \leq -0.3$)
- ✓ 교통량($r \leq 0.3$)과 점유율($r \leq 0.1$)은 PM과 유의미한 상관관계를 보이지 않음

[Insight]

- ✓ 교통정체 상태보다 교통흐름이 원활할 때 미세먼지가 더 발생하는 경향이 있음

[Reasoning]

- ✓ 공회전시 보다 주행시 (고 RPM) 배기가스 배출량이 더 많음
- ✓ 차량이 원활하게 통행시 공기중 미세먼지의 비산량이 더 커지는 것으로 추정

[Pearson Correlation Coefficient Index]

Coefficient (r)	Linear relationship
$+1.0 \leq r \leq +0.7$	강한 양(+)의 선형 상관관계
$+0.7 < r \leq +0.3$	무엇한 양(+)의 선형 상관관계
$+0.3 < r \leq +0.1$	약한 양(+)의 선형 상관관계
$-0.1 < r \leq -0.3$	약한 음(-)의 선형 상관관계
$-0.3 < r \leq -0.7$	무엇한 음(-)의 선형 상관관계
$-0.7 < r \leq -1.0$	강한 음(-)의 선형 상관관계

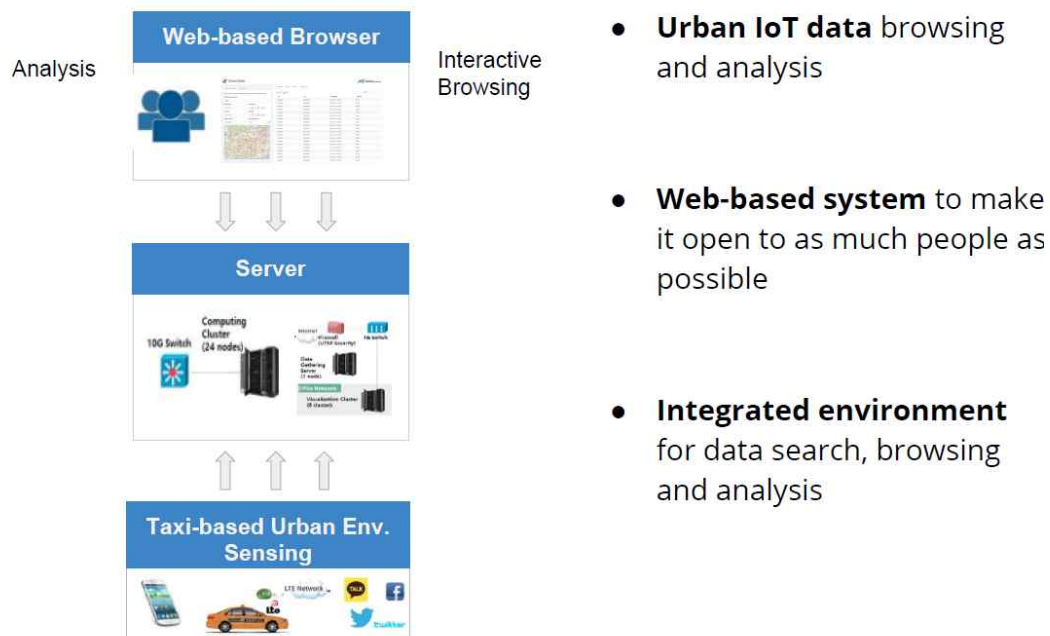
<Figure 19> Co-relation Analysis: The positive relation; the more traffic, the more PM

제3절 이종 사물데이터 가시화 및 분석을 위한 프로토타입 시스템 개발

- 이동형 센서로부터 수집한 데이터에 대한 이해와 분석 지원을 위해 기본적인 데이터 브라우징 및 인터랙티브 분석 시스템 개발이 필요하며, 이를 위한 시스템 설계 및 처리 규모 분석 등을 위한 프로토타입 시스템을 개발
- 온라인 브라우징 및 분석을 위해 R-Shiny 기반의 데이터 가시화 및 분석 시스템을 구성하여, 데이터 전처리, 시공간 데이터 검색, 2D/3D 맵 기반 데이터 가시화, 웹 기반 표출, 인터랙티브 분석을 위한 R 프로그래밍 환경 등의 컴포넌트 제공.

- 기술 도출: 실시간 사물 데이터에 대한 고성능 분석 플랫폼 개발 필요

프로토타입 개발을 통해 데이터의 전처리부터 분석, 가시화까지의 일련의 프로세스를 단계적으로 처리하면서 소규모 시스템 제약상 처리 가능한 데이터의 한계가 발생. 따라서, 보다 신속한 사회현안 해결을 위해서는 실시간으로 발생하는 이종형의 데이터 스트림 상에서 분석을 상향, 경우에 따라 예측까지 실시간으로 지원 가능한 플랫폼 개발이 필요



<Figure 20> Urban Elster: A prototype system to enable integrated data analysis

Data Search & View

- The user can enter a spatio-temporal query for the search: taxi-ID, date, time, region
- Interactive data table (search within columns, paging, filter columns)
- Reacts immediately to the user's query



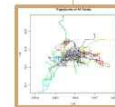
Graphical Data Visualization (2D & 3D)

- The selected data can be drawn on a 2D Map, or a 3D map representing the time on the z-axis
- The users can see each taxi's trajectory



Interactive Data Analysis with R

- An integrated R terminal can be used to help the user to make any kind of analysis from the selected data



9

<Figure 21> Functions targeted by the Urban Elster



<Figure 22> A screenshot of Urban Elster; supporting R-based interactive data and online analysis

제4장 연구개발결과의 활용계획

- 이동형 사물 센터를 활용한 이종 데이터의 수집 및 분석
 - 이동형 사물 데이터 센서 네트워크 구축 및 운영, 센서 패키징 기술 확보
 - 실시간 수집되는 이종 데이터의 시간, 지역별 데이터 통합 기술 확보

- 실세계 한계비용 제로 기술 확보를 통한 4차 산업혁명 기반 플랫폼 개발
 - 한정적인 자원의 효과적인 활용을 위한 실제 데이터 기반 근거 확보
 - 기 투자된 스마트 시티 등 사물 인터넷 기술의 효용성 극대화
 - 고해상도 현황 모니터링 기술을 통한 사물 빅데이터 분석 원천 기술 확보

제5장 참고문헌

- [1] “4차 산업혁명을 주도하는 주력 산업분야 분석 및 대응전략”, 산업경제리서치, 2017.
- [2] “사물인터넷(IoT)의 2017년/2018년도 10대 기술”, NDSL, 2017.
- [3] “사물인터넷의 특징과 기반기술 동향”, 소프트웨어정책 연구소, 2017.
- [4] "스마트시티(Smart City) 관련 비즈니스 전략과 향후 조망", 산업경제리서치, 2017.
- [5] 최진철, “지능형 사물인터넷 구현을 위한 기술 현황과 전망”, 정보통신기술진흥센터, 2017.
- [6] “(초)미세먼지 관련 산업 이슈분석과 국내외 핵심사업 시장 전망”, 산업경제리서치, 2017.
- [7] 추형석, ‘인공지능(AI) 플랫폼 산업 동향’, 월간 SW중심사회, 2016.6.
- [8] ‘2017 Kakao Mobility Report’, 2017.
- [9] ICT R&D 중장기 기술로드맵 2022, 정보통신기술진흥센터, 2016.
- [10] Linda Achilles, Lea Wobbekind, Ryong Lee, Hanmin Jung and Dowan Kim, ‘Urban Elster: An Urban Data Analysis Tool for Heterogenous Spatio-temporal Urban Sensing Data,’ Int. Workshop on Urban Data Science and Technology, 2017. 11.

- 주 의 -

1. 이 보고서는 한국과학기술정보연구원에서 시행한 주요(창의연구)의 연구사업보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표 또는 인용할 때에는 반드시 한국과학기술정보연구원에서 발행한 보고서임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.