

서울기술 연구

2020. Autumn Vol.07

기획특집

서울형 실증 3.0



CONTENTS

2020. Autumn Vol.07



서울기술연구

발행일 2020년 9월 29일

발행인 고인석

발행처 서울기술연구원

주소 (03909) 서울시 마포구 매봉산로 37(삼암동)

DMC산학협력연구센터 8층

전화 02-6912-0900

홈페이지 www.sit.re.kr

편집위원장 김미령

편집위원 박기문, 이재환, 윤광원, 정중호

조기영, 신인재, 최우석

편집간사 송지현

디자인·제작 ㈜KS센세이션 02-761-0031

4 기획특집

코로나19에 대응하기 위한 신기술접수소 마스크 혁신기술 공모
서울시 도시문제 해결을 위한 2019 크라우드소싱 기술공모사업
기술혁신의 중심으로 부각되고 있는 혁신실증지구

15 기술 풍향계

도시안전을 위한 이상성(Abnormality) 감지 및 분석 연구동향
불포화대 오염물질의 현장 조사·모니터링을 위한 시스템 개발
재채기에 의한 입자의 이동
기후변화에 따른 미래 도시침수 방재대책의 패러다임 전환
인공지능 기반 CCTV 지능형 선별관제 기술

32 신기술 시대

해양쓰레기 저감을 위한 하천 유입 차단시설의 과거, 현재, 미래
도시 생태환경의 기능 평가를 위한 3차원 공간정보의 취득과 활용
쾌적하고 건강한 실내환경을 위해
기후변화에 따른 수자원 환경 분야 딥러닝 기술 활용사례
IoT 기반 재실자 중심의 최적 환기시스템 운전 전략

52 Road & 人

미래도시의 예측: 메가시티의 미래와 안보 포럼을 다녀와서

53 일상과 기술

54 SIT NEWS

Special Edition

서울형 실증 3.0



01

코로나19에 대응하기 위한 신기술접수소 마스크 혁신기술 공모

정영제 기술혁신센터 수석연구원

전범준 기술혁신센터 연구위원

박대근 기술혁신센터장

02

서울시 도시문제 해결을 위한 2019 클라우드소싱 기술공모사업

전범준 기술혁신센터 연구위원

정영제 기술혁신센터 수석연구원

03

기술혁신의 중심으로 부각되고 있는 혁신실증지구

이성호 기술혁신센터 수석연구원

코로나19에 대응하기 위한 신기술접수소 마스크 혁신기술 공모

정영제 / 기술혁신센터 수석연구원

전범준 / 기술혁신센터 연구위원

박대근 / 기술혁신센터장

2020년 2월 신종코로나바이러스-19로 인해 마스크 수요가 급증하자 MB필터에 대한 수급 불안정으로 마스크 생산에 차질이 생겼다. 이에 서울시와 서울기술연구원은 마스크용 MB필터를 대체할 수 있는 필터 대체재와 바이러스에 특화된 마스크 기술 발굴을 위해 지난 3월 신기술접수소 마스크 기술공모를 추진했다.



COVID-19



1. 코로나19의 확산과 마스크 기술공모

코로나19는 '19년 12월 중국 우한에서 처음 발생해 전 세계로 확산되었으며, 국내에서는 '20년 1월 20일 한국을 방문한 중국인의 첫 감염 사례가 확인된 이후 8월 15일을 기준으로 누적 확진자가 15,039명에 이르고 있다. 이에 정부는 사회적·생활속 거리두기, 비누를 이용한 손 씻기, 마스크 착용 등 코로나19 감염 예방을 위한 국민 예방수칙을 권고 중에 있다. 코로나19는 감염자의 비말(침방울)이 호흡기나 눈코입의 점막으로 침투될 때 전염된다. 비말은 감염자가 기침, 재채기를 할 때 바이러스와 세균이 섞여 나오게 되며, 마스크 착용은 비말 전파를 차단하는 가장 중요한 방역수단이다. 국내에서는 '20년 5월 26일부터 버스, 택시, 철도 등 대중교통 이용 시에 마스크 착용을 의무화하고 있으며, 코로나19 종식까지 마스크는 선택이 아닌 필수 개인방역수단이 되었다.

'20년 2월 코로나19의 급격한 확산 시기에 마스크 공급 부족과 가격 급등으로 국민들의 혼란이 지속되자, 정부는 '20년 3월 5일 마스크 수급 안정화 대책을 통해 마스크 구매를 1주일에 1인당 2매로 제한하는 이른바 마스크 5부제를 시행하기에 이른다. 마스크 공급 부족은 마스크 핵심 자재인 MB(Meltblown)필터 공급 부족과 대체재가 없다는 점에 원인이 있다. MB필터는 직경이 10 μ m 수준의 미세섬유들이 결합해 거미줄 같은 구조를 갖는데, 여기에 정전기를 부여해 미세먼지와 같은 이물질들을 걸러내는 역할을 한다. 식약처의 KF 80, 94 기준을 만족하는 보건용 마스크의 경우 MB필터를 이용한 마스크 제품이 절대 다수를 차지하고 있으며, '20년 2월 코로나19로 인해 마스크 수요가 급증하자 MB필터에 대한 수급 불안정으로 마스크 생산 차질로 까지 이어졌다. 이에 서울시와 서울기술연구원은 마스크용 MB필터를 대체할 수 있는 필터 대체재와

바이러스에 특화된 마스크 기술 발굴을 위해 '20년 3월 총상금 2억 원 규모로 신기술접수소 마스크 기술공모를 추진하였다.

2. 마스크 부족사태, PTFE 필터로 해결한다!

신기술접수소 마스크 기술공모 중 마스크 핵심자재인 MB필터의 대체재를 찾기 위한 도전과제에서는 비밀차단 효과가 검증된 KF80 이상의 성능과 인체에 무해하고, 경제성을 가지는 기술발굴을 목표로 공모가 수행되었다. '20년 3월 9일 시작된 4주간의 공모에서 7건의 혁신기술이 접수되었으며, (주)마이크로윈이 제안한 PTFE 멤브레인 기반의 마스크 필터 제작기술이 최종 공모 수상작으로 선정되었다. PTFE(Polytetrafluoroethylene)는 일명 고어텍스로 알려진 무독성 섬유로서 필름을 연신해 마스크에 적용할 수 있는 필터로 제작할 수 있다. PTFE 기반 마스크 필터는 정전기를 이용하는 MB필터와 달리 1 μ m의 이하 기공으로 필터링해 세탁 후에도 필터링 성능을 유지할 수 있는 것이 장점이며,

표 1. 신기술접수소 마스크 기술공모 개요

구분	공모제목	상금	접수기간
과제 1	MB필터를 대체하기 위한 보건용 마스크 필터 기술	최대 1억 원	'20.3.9-4.8 (4주)
과제 2	코로나19와 같은 바이러스에 특화된 신개념 마스크 기술	최대 1억 원	'20.3.9-5.8 (8주)

그림 1. 기술공모 포스터와 코로나19 예방을 위한 마스크 착용의 중요성

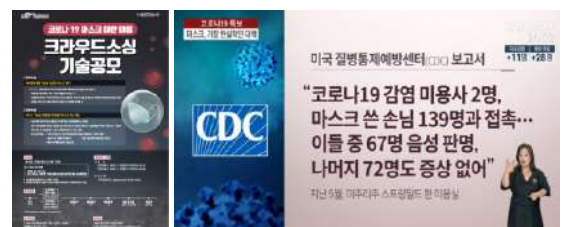
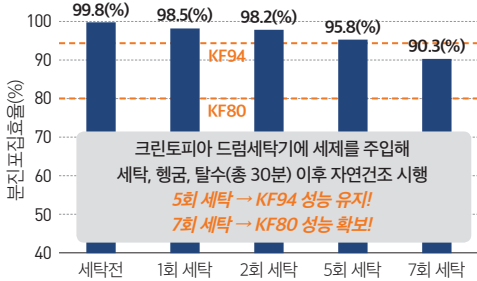


그림 2. PTFE 마스크의 공인인증기관 성능시험 결과

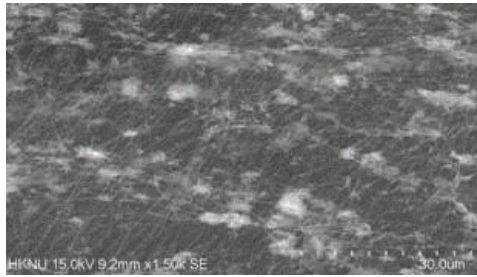


시제품으로 진행된 성능평가에서 7회 세탁 이후에도 80% 이상의 분진포집효율을 나타내어 KF 80 이상의 성능 확보가 가능함이 확인되었다.

PTFE 필터를 적용한 마스크의 경우 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, PTFE 마스크는 세탁을 통해 재사용이 가능하다. PTFE 마스크는 정전기를 이용하는 MB필터와 달리 1 μ m 이하의 기공을 이용해 필터링하며, 세균과 바이러스를 제거하고 세탁 후에 재사용이 가능해 뛰어난 경제성과 마스크 폐기물로 인한 환경문제 개선을 기대할 수 있다. 둘째, PTFE 마스크는 보관이 용이하고, 유통기한 없이 장기간 보관이 가능하다. 전통적 MB필터 마스크의 경우 보관과정에서 정전기 성능 유지가 중요하며, 제습·밀봉보관 시에 3년 내외의 유통기한이 적용된다. 따라서 방역자재로 비축 시 정전기 성능 유지를 위한 보관 방법과 기한에 제약이 따른다. PTFE 마스크는 기공을 이용한 필터링방식으로 보관방법과 기한에서 별도의 제약이 없다. PTFE 필터 제작 기술은 여름용 덴탈마스크, 비말차단용 마스크 등 마스크 제작 기술로 실증 중에 있으며, 코로나19의 2차 팬데믹에 대비해 서울시 비상방역 물품으로 시민들에게 보급하기 위한 연구가 진행 중에 있다.

3. 코로나19 바이러스에 특화된 신개념 마스크를 찾다

그림 3. PTFE 필터의 전자현미경 확대 사진



신기술접수소 마스크 기술공모 중 도전과제 2에서는 코로나19와 같은 바이러스에 특화된 신개념 마스크 기술을 찾기 위한 공모가 수행되었다. 도전과제 2는 글로벌 오픈이노베이션 플랫폼인 이노센티브(INNOCENTIVE)와 협업해 국제 기술공모의 형태로 진행되었으며, 신기술접수소 34건, 이노센티브 144건의 제안이 접수되어 코로나19 극복을 위한 마스크 혁신기술에 대한 뜨거운 관심을 확인하였다. '20년 3월 9일부터 8주간 진행된 공모에서 바이러스 특화형 신개념의 마스크를 위한 다음과 같이 4건의 혁신기술이 최종 공모 수상작으로 선정되어 실증연구가 추진될 예정이다.

■ 수산화아파타이트 함유 하이브리드 섬유 제조 기술(쥬베이서스)

본 기술은 수산화아파타이트(HAp+)가 코팅된 필터 지지체를 사용해 항바이러스 기능이 있는 마스크 제작 방법이며, 수산화아파타이트는 표면 극성을 이용한 유기물의 흡착, 분리소재로 적용되어 바이러스 흡착이 가능하다.

■ 일회용 마스크를 재사용 가능케 하는 SOP-항균 산소필터 기술(쥬엘스텍)

본 기술은 고체산소 기술을 응용한 산소필터가 적용된 항균 기능 마스크 제작 방법이며, MB필터 마스크에 부착해 항바이러스 기능 부여가 가능하다.

그림 4. 수산화아파타이트(HAp+) 적용 필터

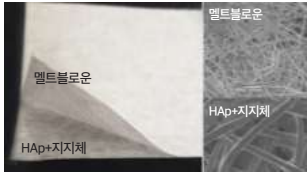


그림 5. 뇌염바이러스 흡착 예시

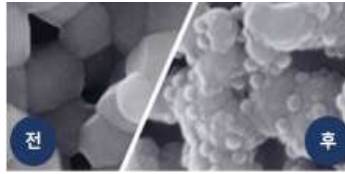


그림 6. 고체산소팩드 필터



그림 7. 식물추출물 마스크·스프레이



■ 항바이러스, 항균, 항미세먼지 효과의 천연물 도포 마스크(쥬파미니티)

본 기술은 항바이러스 기능의 국내 자생 식물 추출물을 이용한 항바이러스 마스크 제작 방법이며, 추출물 방사원단 또는 스프레이로 적용이 가능하다.

■ 항균 기능의 Cyclodextrins 처리 마스크(이노센티브를 통한 국제제안)

본 기술은 올리고당의 일종인 Cyclodextrins을 코팅한 항바이러스 기능성 마스크 제작 방법이며, Cyclodextrins은 원통형 구조로 바이러스를 원통 내부로 포집하여 비활성화시킬 수 있다.

바이러스 특화형 마스크 제작기술은 코로나19의 2차 팬데믹과 같은 바이러스 확산 장기화에 대비한 마스크 성능개선 기술로 실증될 예정이다. [sif](#)



서울시 도시문제 해결을 위한 2019 크라우드소싱 기술공모사업

전범준 / 기술혁신센터 연구위원

정영제 / 기술혁신센터 수석연구원

지난 2019년 9월, 약 3개월 동안 국·내외 개인, 연구자, 교수, 학생 등 모든 시민을 대상으로 크라우드소싱 기술공모가 진행됐다. 이에 서울기술원은 크라우드소싱 기술공모를 통해 선정된 기술들에 대해 수요부서인 교량안전과, 교통정보과, 제안자와 함께 2020년 3월부터 8월 사이에 실증을 위한 추진계획 및 기획 수립을 협의했다. 많은 외부 전문가가 함께 참여하여 도시문제 해결을 목표로 하는 만큼 괄목한 성과가 이뤄지길 간절히 바란다.





2019 크라우드소싱 기술공모 진행

2019년 8월에 서울시 수요부서인 교량안전과, 한강사업본부, 교통정보과로부터 크라우드소싱 기술 공모를 위한 도시문제 해결과제를 제안받았으며, 이에 대해 각 분야별 전문가 및 수요부서 실무자와의 자문을 통해 도전과제화하였다. 각 수요부서의 도전과제는 다음과 같으며, 2019년 9월 23일~12월 16일(3개월) 동안 국·내외 개인, 연구자, 교수, 학생 등 모든 시민을 대상으로 크라우드소싱 기술공모를 진행하였다.

3개월 동안 진행한 기술공모에 총 32건의 기술이 제안되었으며, 최종발표평가에 도전과제 1(1건),

도전과제 2(2건), 도전과제 3(3건)을 각각 평가하였고, 최종결과 도전과제 1은 문제해결 적정기술을 선정하지 못하였다.

도전과제 2의 선정기술은 시스템코리아(주)의 “추락방지 및 투신자살 방어 회전체 시스템(Rollinder System)”이며, 도전과제 3의 선정기술은 뉴욕주립대 송도캠퍼스 김호영 교수의 “GPS신호 생성을 통한 GPS음영 지역 해결기술(SDR:Software Defined Radio)”이 최종 선정되었다. 코로나19사태로 인한 사회적 거리두기로 인해 시상식이 다소 지연되긴 하였으나 2020년 4월 23일 혁신기술 제안자와 함께 서울기술연구원에서 조출한 시상식을 진행하였다.

도전과제

- **도전과제 1** 한강 오염물질의 효율적 처리 기술(한강사업본부)
- **도전과제 2** 한강교량 상 자살시도자의 투신 방지를 위한 물리적인 시설 또는 기술(교량안전과)
- **도전과제 3** 터널 및 지하공간내 위치 추적 기술(교통정보과)

※ 크라우드소싱(Crowdsourcing)이란 대중(Crowd)과 외부 자원 활용(Outsourcing)의 합성어로, 문제해결 과정에서 공모 형태로 외부 전문가가 참여하고, 성과를 달성하는 경우 수익을 공유하는 방식을 의미한다.



홍보 포스터



2019년 크라우드소싱 기술공모 시상식



앞으로 기울기를 갖는 타입



뒤로 기울기를 갖는 타입

교량안전과에서 요청한 한강교량에서의 자살 시도자 투신방지를 위한 기술에 대한 선정혁신 기술을 간단히 소개하면, Rollinder System Rotating + Cylinder의 합성으로 회전 원통형 시스템을 의미하며, 한 손으로 파지할 수 없는 레일 크기와 회전, 배치된 각도에 의해 넘어갈 수 없는 구조로 되어 있는 난간 기술이다. 또한, 실증 교량의 난간을 철거하지 않고, 난간의 지주형상에 맞도록 Rollinder System의 Base Plate를 디자인하여 밴딩 형식의 체결방법으로 기존 난간에 손상없이 시공이 가능한 기술이다.

교통정보과에서 해결하고자 했던 지하도로에서의 GPS 음영문제 해결 선정 혁신기술을 간단히 설명하면, 프로그래머블 라디오(Programmable Radio, Software Defined Radio 이하 SDR)를 통해 실제와 동일한 GPS 신호를 발신시켜 일반 핸드폰, GPS 수신기 등의 장비가 지하도로 등에서도 GPS신호를 수신할 수 있도록 하는 기술이 되겠다. 그리고 서울시에서 운행 중인 버스에 대한 추가적인 장치설치 없이 기존 차내 단말기(OBE)를 그대로 이용·운영하여 지하도로에서도 시민에게 보다 정확한 버스운행 정보를 제공할 수 있는 장점이 있다.

서울기술연구원, 수요부서와 추진계획 협의

이렇게 클라우드소싱 기술공모를 통해 선정된 기술들에 대해 수요부서인 교량안전과, 교통정보과, 제안자 및 서울기술연구원은 상호 2020년 3월부터 8월 사이에 실증을 위한 추진계획 및 기획 수립을 협의하였다. 우선, 한강교량의 자살시도자 방지를

위한 기술의 경우 한강교량에 실제 실증 시 시민의 안전을 확보할 수 있도록 사전테스트를 실시하였다. 사전 테스트의 경우 1경간 모형의 롤린더시스템을 제작하여 지상에서 월담 대응 관련 테스트 및 개선을 위한 지상 샘플 테스트를 진행함으로써 서울시 수요부서와 제안기업 및 서울기술연구원이 함께 협업하여 진행 중이다.

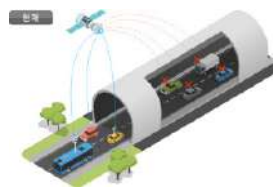
신기술접수소 기술공모에서 발굴된 SDR 기반의 GPS 신호생성기술에 대해 실제 도로환경에서 운영 가능한 수준의 시작품을 제작하고, 잠실광역환승센터 및 남산1호터널에 설치하여 버스정보시스템 및 교통정보시스템의 GPS 음영해결기술로 실증을 진행할 예정이며, 남산1호터널의 경우 내부에서 SDR을 이용해 티맵 내비게이션이 정확하게 차량의 위치추적이 이루어 지는지 확인할 예정이고 잠실 광역환승센터에서는 SDR을 이용해 버스의 도착과 출발을 정확히 안내하는지를 확인하며 실증을 진행할 계획이다. [ST](#)



지상 테스트용 롤린더시스템



롤린더시스템 월담가능성 테스트



현재 터널내 GPS 활용 불가



SDR을 이용한 GPS 신호정보 제공

기술혁신의 중심으로 부각되고 있는 혁신실증지구

이성호 / 기술혁신센터 수석연구원

4차산업혁명 시대에 실증은 선택이 아닌 필수가 되고 있다. 이에 서울기술연구원은 서울을 글로벌 혁신실증지구화하기 위해 서울형 실증 2.0을 준비하며, 다양한 공공시설을 실증공간화하고 효과적인 실증을 위한 혁신체험단 등을 운영하고 있다. 향후 기술연구원이 신기술접수소를 통하여 혁신기술 실증에 있어 중추적인 역할을 담당하고 우수한 성과를 이어나가길 기대한다.



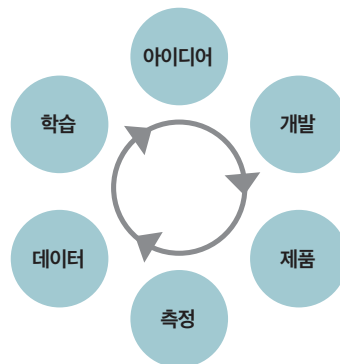
실증, 4차산업혁명 시대 필수요소

신기술접수수는 2019년 테스트베드서울 사업을 통해 자율주행로봇, 스마트갤러리, IoT 지하오염원 분석기술, IoT 시설물관리 솔루션, 스마트기저귀 등 중소·벤처기업의 27개 혁신기술을 발굴해 실증을 진행하고 있다. 또한 교량자살방지, 지하공간 위치추적 및 코로나 대응 마스크 등 서울시로부터 시정에 필요한 기술들을 시민 및 기업들로부터 제안받아 서울시와 함께 실증연구를 진행하고 있다. 이처럼 서울은 도시 전체를 기업들이 다양한 혁신기술을 시장에서 직접 테스트하고 기술역량을 키울 수 있는 혁신의 장으로 변모시키고 있으며, 기술혁신센터는 그 중심에서 있다.

이러한 실증은 현장에서 장비의 내구성 및 기능성을 테스트하는 전통적인 실증에서 나아가 생산자와 소비자가 함께 문제해결을 위한 기술 솔루션을 발굴하고 이를 실증하는 리빙랩(Living Lab)으로 발전하고 있다. 리빙랩은 ICT 센서가 설치된 아파트에서 입주인들이 생활 속에서 ICT 기술을 체험하는 플레이랩 프로그램에서 유래된 말로 2004년 MIT 미디어랩의 윌리엄 미첼 교수에 의해 제안되었다. 최근 스마트시티와 연계되어 과거 공급자 입장에서 도시인프라를 제공했던 것에서 벗어나, 시민참여를 통해 시민이 직접 스마트시티 혁신기술을 체험하고 개선점을 찾아 다시 기술을 발전시키는 공동창조(Co-creation)의 장으로 운영되고 있다. 서울에서도 마곡 스마트시티 리빙랩이 진행되고 있다. 더불어 실증은 빠르게 변화하는 시장에 대응할 수 있는 새로운 기술개발프로세스인 린스타트업 프로세스의 핵심 요소로서 각광을 받고 있다. 창업기업을 중심으로 확산되었던 린스타트업 프로세스는 시장의 불확실성이라는 대외적인 요소와 창업기업의 초기 자원이 충분치 않다는 대내적인 요소가 반영되었다.

<그림 1>에서 보듯이 린스타트업 프로세스는 기술 및 제품 아이디어를 MVP(Minimum Value Prototype)라는 작은 단위의 프로토타입으로 만들어 시장에 출시, 개선점 및 개발 방향성을 찾는 학습과정을 통해 서비스를 개발하는 점진적이고 반복된 기술개발프로세스로 변화하는 시장에 빠르게 반응할 수 있다. 이러한 프로세스에 있어 실증은 시장의 반응을 살피고 기술을 개선할 수 있는 수단으로써 린스타트업 프로세스의 중심 사상이라 할 수 있다. 4차 산업혁명으로 시장이 빠르게 변화하는 상황에서 린스타트업은 이제 창업기업을 넘어 기존 IT 기업을 중심으로 빠르게 확산되고 있다. 또한 실증은 AI, 자율주행, 빅데이터 기술개발에 있어 꼭 필요한 핵심요소가 되어가고 있다. AI, 자율주행, 빅데이터 기술개발에 있어 현장데이터는 과거 개발된 알고리즘을 검증하는 도구가 아닌 기계를 학습시켜 스스로 알고리즘을 만드는 데 반드시 필요한 요소이다. 이러한 현장데이터는 실증과정을 거치지 않고는 얻을 수 없는 데이터다. 물론 기술을 시장에 상용화 후, 데이터를 확보할 수도 있으나 기술 완성도가 낮은 상태에서 시장에 출시되기에 소비자의 관심을 얻기 힘들고, 이는 다시 데이터를 얻기 힘들게 되는 악순환을 반복하게 된다. 이처럼

그림 1. 린스타트업 프로세스



실증은 기술사업화의 완성도를 높이기 위한 선택사항이 아닌 시민참여를 통해 새로운 가치를 생산하고, 빠르게 변화하는 시장에 대응함으로써 기업의 경쟁력을 높이고 4차산업혁명 시대 기술 리더십을 확보하기 위한 필수요소가 되고 있다.

입체적인 실증체계 구축 필요

실증은 기술사업화의 필수요소가 되고 있으며, 신기술접수소의 다양한 실증사업 및 연구는 중소·벤처기업의 혁신기술 실증을 위한 장을 마련해 서울시의 대표 사업이 되고 있다. 그러나 실증사업이 서울을 넘어서 글로벌 기업들의 기술 혁신의 장으로 도약하기 위해서는 입체적인 실증 체계가 구축되어야 한다. 첫째 상시 실증공간이 필요하다. 2019년 테스트베드서울 사업을 통해 27건, 기술공모를 통해 2건의 혁신기술을 발굴하여 실증을 진행하고 있으나, 실증공간을 찾지 못한 실증기회를 얻지 못한 기술이 33건으로 발굴된 혁신기술의 수를 웃돌고 있다. 현재의 실증공간 확보 방법은 혁신기술을 수용할 서울시 부서를 찾고 해당 부서가 주관이 되어 실증공간을 확보하고 실증을 주관하는 방식을 택하고 있어 이미 업무를 수행하고 있는 부서에게 부담이 될 수 밖에 없다. 둘째로 실증효과를 높이기 위한 혁신체험단의 운영이다. 실증은 현장에 설치된 기술 혹은 서비스의 운영데이터를 확보하여 기술을 검증하고 개선하는 과정으로 풍부한 현장데이터의 확보가 필요하다. 이를 위해서는 현장에 설치되어 있는 기술 혹은 서비스가 지속적으로 사용되어야 하며 혁신체험단과 같은 체험단이 필요하다. 혁신체험단을 통해 기술 및 서비스가 활발히 사용되고 이를 통한 실증데이터가 충분히 확보될 때, 기업은 한정된 기간내에 기술검증 및 기술개선을 효율적으로 진행할 수 있다. 마지막으로 실증데이터에 대한 체계적인 활용방안이

그림 2. 라스베이거스 실증 지구



Fremont Experience Street LED 지붕



도시정보 수집 IoT 센서



관광지구(Zip Line, 공연)



도시데이터 창업

필요하다. 개별기업들이 실증기간동안에 확보하는 데이터는 해당 기술개선을 위해서도 자산이기도 하나 이는 공공의 자산으로 활용되어 국가적 관점의 기술발전에 사용될 수 있어야 한다. 앞서 이야기한 바와 같이 글로벌 혁신실증의 장으로 진화하기 위해서는 상시실증지구, 활발한 실증피드백 확보, 실증데이터 관리 및 활용방안이 필요하다. 이런 면에서 지난 1월 우리 연구원이 방문한 라스베이거스 실증지구는 좋은 사례라 할 수 있다. 라스베이거스 실증지구는 라스베이거스 다운타운을 중심으로 하는 실증지구로서 문화, 혁신기술 실증, 창업이 결합된 복합 실증지구라 할 수 있다. 라스베이거스의

대표적인 실증공간으로는 <그림 2>에서 보이는 Fremont Experience Street으로 2블록의 거리를 LED 지붕을 만든 곳이다. 이곳에서 도시 정보 IoT 센서, 자율주행과 같은 다양한 혁신기술을 실증하고 있다. 특히 LED 지붕이라는 매력적인 장소임과 더불어 다양한 문화 공연 및 ZIP 라인과 같은 놀이시설이 운영되고 있어 24시간 사람들의 발길이 끊이지 않는 곳이다. 이처럼 유동인구가 많은 곳에 혁신기술을 실증함으로써 사람들이 자연스럽게 혁신기술을 접하고, 사용할 수 있게 구성됐으며, 이를 통해 풍부한 실증데이터를 확보할 수 있었다. 더불어 이러한 실증데이터를 공공데이터화해 창업기업들에게 제공함으로써 도시데이터 비즈니스를 하고자 하는 기업들의 혁신메카가 되고 있다.

‘서울형 실증 2.0’ 준비

우리 연구원에서는 서울을 글로벌 혁신실증지구화 하기 위해 <그림 3>과 같은 서울형 실증 2.0을 준비 하고 있다. 서울형 실증 2.0은 첫째, 서울 및 서울 산하의 지자체와 연계해 다양한 공공시설을 실증 공간화하고, 둘째, 효과적인 실증을 위한 혁신체험단 운영 및 실증피드백을 기반으로 한 기술개선 R&D 지원하며, 셋째, 실증 데이터의 체계적 관리 및 오픈을 통한 데이터비즈니스 창업 지원을 목표로 하고 있다. 앞서 말한 바와 같이 서울시 차원에서 실증공간확보의 어려움을 서울시 25개 자치구가 보유한 풍부한 공공시설을 실증공간으로 확보함으로써 지속가능한 실증사업을 만드는 것을 기획하고 있다. 더불어 서울시에서 운영되고 있는 다양한 체험단과 연계해 혁신기술을 체험할 수 있는 혁신체험단을 구성하고, 현재 실증에서 끝나고 있는 테스트베드서울 사업을 실증 후 기술개선까지 확대함으로써 기업이 실증을 통해 기술 경쟁력을 강화하는데 실질적인 도움을 줄 수 있는 구조로

기획하고 있다. 마지막으로 실증데이터를 관리할 수 있는 시스템 구축 및 이를 활용할 수 있는 오픈 플랫폼을 구축하고자 한다. 이를 통해 서울시에게 실증 중인 기술의 실증데이터를 통합관리함으로써 실증데이터들이 파편화되어 사라지는 것으로 막고, 혹여 있을 개인정보의 오남용을 막는 것을 목표로 하고 있다. 더 나아가 AI, 빅데이터와 같이 실증 데이터를 필요로 하는 기술연구개발에 오픈함으로써 4차산업혁명 핵심기술의 발전에 기여함은 물론 데이터창업을 원하는 기업의 기술사업화 지원을 핵심목표로 하고 있다. 이를 구체적으로 실현하기 위한 1단계로 상암 미디어지구 및 홍대·신촌의 관광지구를 가지고 있는 마포구청과 협업을 추진 중에 있다.

4차산업혁명 시대에 실증은 선택이 아닌 필수가 되고 있으며, 신기술접수소는 혁신기술 실증에 있어 중추적인 역할을 담당하며 중소·벤처기업의 혁신기술 29개를 지원하며 우수한 성과를 창출하고 있다. 그러나 지속 가능하고 효과적인 실증 및 실증을 통한 새로운 가치창출을 위해서는 실증지구확대, 혁신체험단 및 실증피드백 R&D, 체계적인 실증 데이터 관리 및 오픈 플랫폼화가 필요하며, 기술혁신 센터에서는 이를 하나씩 준비 중에 있다. 이러한 준비들이 서울을 글로벌 기술혁신 장으로 도약 시키는데 밑거름이 되리라고 확신한다. [SIT](#)

그림 3. 서울형 실증 2.0





도시안전을 위한 이상성(Abnormality) 감지 및 분석 연구동향

황성주 / 이화여자대학교 건축도시시스템공학전공 교수

최근 CCTV, 센서 등을 통해 도시 상황과 도시민의 삶의 이상을 감지하는 연구가 적극적으로 진행되고 있다. 특히 도시의 이상성 감지는 배회, 침입, 유기와 같은 이상행동을 식별함으로써 우리 사회에 꼭 큰 도움을 주고 있다. 향후 지능형 CCTV의 도시 적용성은 더욱 극대화될 것으로 보이며, 우리 일상에 긍정적인 영향을 끼칠 것으로 기대된다.

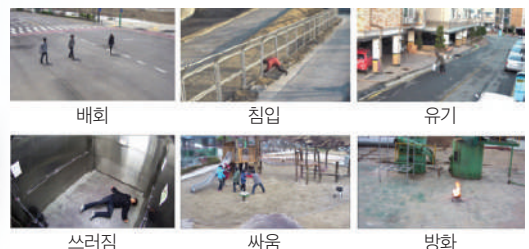


도시의 이상성(Abnormality) 감지란?

최근 CCTV, 센서 등 다양한 기술을 적용하여 도시 상황이나 도시민의 삶에서 “이상성(Abnormality)”을 감지하고자 하는 연구와 기술개발이 널리 진행되고 있다. 도시에서 이상상황은 도시의 정상적인 운영에 지장을 주거나 도시민 안전과 삶의 질에 악영향을 끼치는 것으로, 정상이라고 기대되는 것과 눈에 띄게 상이한 상황, 도시환경요소, 또는 도시민의 행동패턴 등으로 유추된다(Chandola et al. 2009; Cong et al. 2013). 특히, 도시 안전과 관련한 이상성 분석연구에서는 도시민의 행동패턴의 이상성, 즉 도시민의 이상행동을 분석하고자 하는 연구가 다수 진행되고 있다. 관련 이상행동은 싸움, 방화 등 도시민 안전에 직접적인 영향을 주는 것부터, 쓰레기 무단투기, 기물파손 등 물적 손실을 가져오거나 불쾌감을 주는 것까지 다양하게 존재한다.

최근에는 이상상황을 자동 식별하기 위해 지능형 CCTV와 같은 기술이 등장하여 널리 활용되고 있다 (Valera and Velastin 2005; Mabrouk and Zagrouba 2018). 일례로 한국인터넷진흥원(KISA)은 “지능형 영상보안 기술 성능시험 및 인증”을 통해 배회, 침입, 유기, 쓰러짐, 싸움, 방화 등 이상행동 식별에 대한 인증기준을 제시하며 관련 기술개발·적용을 위해 노력하고 있다 <그림 1>. 또한, 서울시에서 한강 다리 위에 구축한 CCTV 영상감시 관제출동시스템은 “투신 시도”라는 이상행동을 실시간으로 감지하고 대응하는 대표적인 예시이며, 이를

그림 1. 한국인터넷진흥원의 지능형 CCTV 성능시험 대상 이상행동



출처: 한국인터넷진흥원 2016

통해 투신 시도자의 생존율을 높이는 데 큰 도움이 되고 있다고 한다.

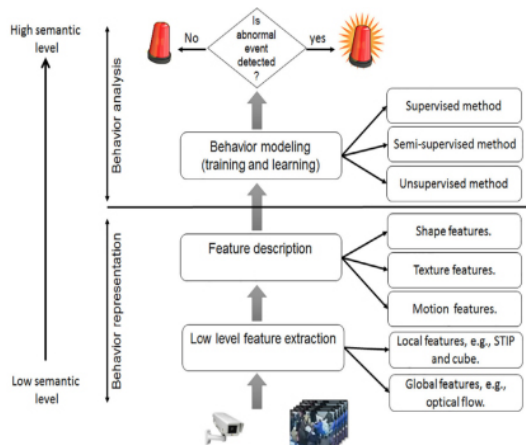
이처럼 이상행동은 도시민의 안전을 위협하는 경우가 빈번하기 때문에, 이상성 감지기술의 적용은 도시 위험상황에 신속히 대응할 수 있도록 지원함으로써 도시민 생활안전 증진에 크게 기여할 수 있다.

이상성(Abnormality) 감지는 어떻게 이루어지는가?

영상 데이터는 도시 곳곳에 설치되어 있는 CCTV에서 쉽게 수집 가능하며, 풍부하고 정확한 정보를 담고 있기 때문에 이상성 감지에 널리 활용된다. 영상 데이터는 그 양과 크기가 방대하여 신속한 처리와 분석에 어려움이 많았으나, 최근 컴퓨팅기술, 데이터 전송기술의 발전과 함께 활용성이 극대화 되고 있다. 이에 기존 CCTV는 점차 지능형 CCTV로 진화하고 있다 <그림 2>.

이상성 감지는 정상이라고 생각하는 것과 다름을 구별하는 것으로 머신러닝, 딥러닝이 핵심기술로 활용되고 있다. 지도학습(Supervised Learning)을 기반으로 한 분류(Classification) 알고리즘이 널리 적용되고 있으며, 이상행동과 관련한 영상 데이터셋의

그림 2. 지능형 CCTV 기반 이상성 감지 방법



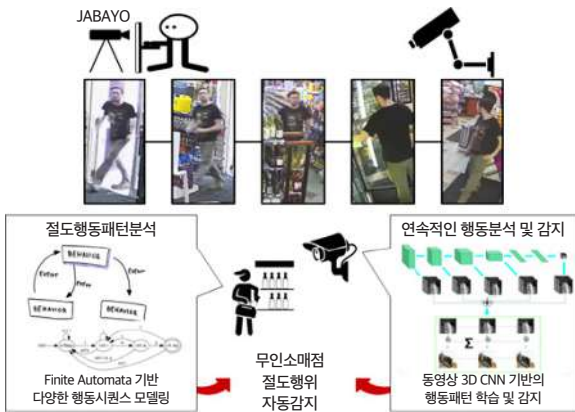
출처: Ben Mabrouk & Zagrouba 2018

주요 특징(Feature)을 추출하여 사전에 학습하고 분류기를 통해 식별한다(Ahmed et al. 2016). 예를 들면, 물건을 훔치는 행동에 대한 영상(예: 물건을 집어 주머니에 넣기, 물건을 집어 가방에 넣기) 데이터를 수집하여 이를 학습시키면, 새로운 영상에 등장하는 사람이 물건을 주머니에 넣거나 가방에 넣을 경우 이를 인식하게 된다. 이는 행동인식모델로 불리며 비단 물건 훔치기 뿐 아니라, 넘어지는 행동, 무언가를 투기하는 행동, 서성이는 행동 등도 포착 가능하게 한다. 최근에는 3D-Convolutional neural networks(CNN) 등 관련 알고리즘의 발전으로 행동인식모델은 상당히 높은 수준의 인식 정확성을 보이고 있다. 또한, 복수 인물의 행동인식이 가능해지면서, 누군가를 뒤쫓거나 싸우는 행위도 식별이 가능하고 군중 행동의 이상성 또한 포착할 수 있게 된다.

하지만 위와 같은 이상행동 감지기술 개발 및 적용에 있어 큰 어려움은 다양한 이상행동과 관련한 데이터셋을 모으는 것과 방대한 양의 데이터를 정제하고 학습시키는 것이다. 특히, 이상행동과 관련한 영상 데이터를 얻는 것을 연구 및 기술개발을 하는 입장에서는 상당히 어려운 일이다. 주로 범죄행위와 관련된 경우가 많아 관련 데이터를 쉽게 제공받는 데 큰 어려움이 있다. 그럼에도 관련 데이터셋의 확보만 가능하다면 식별 알고리즘 및 컴퓨팅 기술의 발전과 함께 상당히 높은 적용성을 가진 이상행동 감지가 가능하다(Ben Mabrouk & Zagrouba, 2018).

준지도학습(Semi-supervised Learning) 기반의 이상성 감지 또한 널리 연구되고 있는 분야이다. 이 방식은 아웃라이어(Outlier) 식별에 가까운 기술로써 먼저 정상행동이나 정상상황에 대해 학습을 시키고, 학습된 정상성에 현저히 어긋나는 아웃라이어(Outlier) 행동을 감지하게 된다. 이는 지도학습 기반 분류방식보다 데이터 수집 및 학습 측면에서 용이하나, 감지된 이상성에 대한 구체적인 정보를 얻기에는 다소 어려움이 있기도 하다(Ben Mabrouk & Zagrouba, 2018).

그림 3. 지능형 CCTV기반 이상행동 감지기술 개발:
산학협력력을 통한 무인소매점 절도행위 자동감지 연구



관련 연구 방향 및 사례

영상 데이터셋 확보 및 정제가 용이하다는 전제하에 사전에 학습된 사람의 행동을 인식하는 방법은 도시안전 증진을 위해 굉장히 높은 적용성을 보일 것으로 판단된다. 다만 관련 기술개발을 진행하고 적용함에 있어서 가장 큰 걱정 중 하나는 순간적으로 발생하는 이상행동을 감지하는 데 실패하는 경우이다. 최근 행동인식 연구들

에서는 80~90% 이상의 높은 식별률을 보이고 있지만, 그럼에도 감지에 실패하는 경우가 빈번하다. 특히, 절도행위, 무단투기행위, 넘어짐 등의 범죄나 안전사고 등은 1~2초의 짧은 시간에 순간적으로 발생하기 때문에 더욱 포착이 어렵다. 이와 관련하여 범죄나 공공안전과 관련된 합리적 선택이론(Rational Choice Theory)이나 상황적 범죄예방이론(Situational Crime Prevention) 등은 관련 연구에 대한 새로운 방향성을 제시한다(Cornish & Clark 1987). 위 이론들은 범죄와 같은 행동들도 행위자의 이성적 판단에 따라 발생하는 것으로 보며, 관련 행동의 이익과 위험성, 관련한 주변 상황을 모두 종합해 행위 유무를 결정한다고 주장한다. 즉, 범죄와 같은 이상행동은 그 사전 징후가 되는 행동이 있을 가능성이 높다. 우리는 (주)두다지(대표: 홍석환)와 함께 산학협력 기술개발 연구인 “행동시퀀스 분석을 통한 3D CNN기반 무인소매점 절도행위 자동감지 연구 <그림 3>”를 수행하며 사람들이 소매점에서 물건을 구매하는 정상행동을 끊임없이 관찰하였다. 또한 물건을 훔치는 절도행위 또한 다양한 출처에서 수집하여 분석하였다.

분석 결과 정상적으로 물건을 구매하는 사람은



66 순간적인 행동 감지에 실패할 경우를 대비하여 사전징후가 되는 행동의 식별을 보조적으로 활용할 필요가 있다 99

주변을 둘러보거나 CCTV 또는 타인의 위치를 확인하는 행동을 좀처럼 하지 않는 반면, 절도 의사가 있는 사람은 절도 행위 이전에 주변을 관찰하는 경우가 빈번함을 알 수 있었다(Kim et al. 2019). 즉, 이상행동 감지기술은 이상행동을 취하는 순간 자체를 정확히 포착하는 것이 무엇보다 중요하지만, 순간적인 행동 감지에 실패할 경우를 대비하여 사전징후가 되는 행동(예: CCTV 확인, 주변 둘러보기, 배회 등)의 식별을 보조적으로 활용할 필요가 있다. 우리의 관찰 결과에서도 정상적인 물건 구매행동을 하는 사람은 CCTV를 거의 보지 않았으며, 2번 이상 보는 경우는 전무하였다. 물론 사전징후가 되는 행동의 포착만으로 이상행동이나 범죄행동의 유무를 단정 짓기에는 무리가 있으나, “수상함의 정도”를 파악하는 것을 가능하게 하고, 통합영상관제시스템 등의 관찰자가 “예의주시”하고 “사전준비”할 수 있는데 도움을 줄 수 있다. <그림 4>의 예시처럼 통합영상관제시스템에서 “수상함의 정도”가 높은 영상을 하이라이트 하는 것도 가능할 것이다. 결과적으로 이는 이상행동 감지에 있어 핵심요소 중 하나인 “의도의 이해”를 강화하는 방법이다. 이러한

그림 4. 사전징후 식별을 통한 이상행동 감지 적용방안 예시



연구방향은 식별 알고리즘의 발전을 통한 “인식정확도” 향상 및 “복수인식수” 증대 기술개발과 연계되어 지능형 CCTV의 도시 적용성을 극대화할 수 있을 것으로 기대된다. [sit](#)

(본 원고는 이화여자대학교 김시연 박사과정 학생과 저자가 Expert Systems with Application(Elsevier)에 제출한 논문 “Inferring abnormal human behaviors based on action detection and sequence analysis: Focus on shoplifting behaviors”의 내용을 일부 발췌하여 작성함)

▣ 참고문헌

- Ahmed, M., Naser Mahmood, A., & Hu, J. (2016). A survey of network anomaly detection techniques. *Journal of Network and Computer Applications*, 60, 19-31.
- Ben Mabrouk, A., & Zagrouba, E. (2018). Abnormal behavior recognition for intelligent video surveillance systems: A review. *Expert Systems with Applications*, 91, 480-491
- Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, 41(3), 15.
- Cong, Y., Yuan, J., & Liu, J. (2013). Abnormal event detection in crowded scenes using sparse representation. *Pattern Recognition*, 46(7), 1851-1864.
- Cornish, D. B., & Clarke, R. V. (1987). Understanding crime displacement: An application of rational choice theory. *Criminology*, 25(4), 933-948.
- Kim, S., Hong, S. H., & Hwang, S. (2019). Framework for abnormal situation identification through human action detection and action sequence analysis. *Proceedings of International Congress and Conferences on Computational Design and Engineering 2019 (I3CDE 2019)*.
- Mabrouk, A. B., & Zagrouba, E. (2018). Abnormal behavior recognition for intelligent video surveillance systems: A review. *Expert Systems with Applications*, 91, 480-491.
- Valera, M., & Velastin, S. A. (2005). Intelligent distributed surveillance systems: a review. *IEEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing*, 152(2), 192-204.
- 한국인터넷진흥원(2016). 지능형 CCTV 성능 시험-인증 안내서



불포화대 오염물질의 현장 조사·모니터링을 위한 시스템 개발

김이중 / 홍익대학교 토목공학과 교수

홍용석 / 고려대학교 환경시스템공학과 교수

불포화대에서 오염물질의 거동은 토양지하수 분야에서 상대적으로 연구가 많이 되어 있지는 않으나, 지하시설의 확장, 토양 내 오염물질의 건물 침투 (soil vapor intrusion) 등으로 인한 인체영향에 우려가 높아지면서 자연스레 지중 오염물질의 이동에 대한 관심도 증대하고 있다. 이에 지중 오염물질, 특히 불포화토 공극상에 휘발되어 존재하는 기체상태의 오염물질의 정밀한 측정을 위해 현장 측정 시스템 개발이 주목받고 있다. 본 기고문을 통해 대표적인 지중 오염물질인 휘발성 유기화합물과 라돈을 측정하는 방법과 현장 시료 채취 방법에 대해 살펴보고자 한다.



1. 들어가기

자연 환기가 어려운 지하철 역사와 같은 지하생활공간에서 휘발성 유기화합물 및 라돈의 농도가 높게 측정된 사례들이 보고되고 이들의 인체건강영향에 대한 관심이 높아짐에 따라, 토양에서 휘발 혹은 증기상태로 발생하여 이동하는 오염물질에 대한 보다 신뢰성 있는 조사·모니터링 방법이 요구되고 있다. 현행 토양오염 공정시험기준에는 토양 시료를 채취하여 오염물질을 분석하여 토양 내 존재하는 오염물질의 전 함량을 측정하는 방식만 언급되어 있다. 그러나 실제 이동성을 띠며 높은 위해성을 띠 수 있는 오염물질은 토양 공극상에 휘발된 상태의 기체상이며, 이러한 상태의 오염물질의 조사·모니터링을 위해 현장에서 증기 상태로 이동하는 오염물질을 분석하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

수질과 대기의 경우, 국가 수질오염측정망 및 대기오염 측정망을 운영하여 실시간으로 주요 오염물질에 대한 24시간 감시 체계가 작동하고 있으며, 측정 자료를 공개하여 개인 컴퓨터나 스마트폰으로 바로 확인할 수 있는 공공의 정보로 활용하고 있다. 이와 유사한 방식으로, 토양 공극 내 휘발된 오염물질에 대한 현장에서의 실시간 모니터링 및 분석 자료의 원격전송시스템을 도입한 지중오염측정소를 설치·운영할 필요가 있다. 이를 위해 현장에서의 측정 시스템 개발이 선행되어야 하며, 현재까지 개발되어 있는 기술로 충분히 이를 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 휘발성 유기화합물 및 라돈 분석 방법

휘발성 유기화합물은 공기 중에 부유하는 물질을 대상으로 샘플링하여 GC-FID 혹은 GC/MS로 분석하는 방법이 일반적이다. 실내공기질 모니터링을 위한 휴대용 휘발성 유기화합물 측정기는 광이온화 검출기(Photoionization Detector, PID)와 전기화학센서 측정 원리에 기반하고 있다. 토양 내 증기 측정을 위한 휴대용 GC로는 Frog 4000(미국 Defiant Technologies사), X-pid

9500/9000(독일 Draeger사(page20)) 등의 제품이 출시되어 있다.

광이온화 검출기는 자외선 영역의 고에너지 광자를 이용하는 것으로, 분석대상 기체상 물질에 UV를 조사하여 가스 분자가 이온화되는 원리에 기반한다. 광자의 에너지는 통상 10 eV 정도이며, 이온화에너지가 낮은 가스 분자들, 즉, 전자가 느슨하게 부착되어 있어 적은 에너지로 이를 분리할 수 있는 물질들이 주요 대상이 된다. 이온화된 가스 분자와 전자는 각각 전류를 발생시키며, 광이온화 검출기는 발생한 전류의 크기를 측정함으로써 가스 분자의 농도 값을 추정할 수 있다.

이러한 광이온화 검출기는 다른 검출 방식에 비해 경량화가 가능한 단순한 구조로 광이온화 검출기의 진단부에 휴대용 GC가 결합하게 되면 휘발성 유기 화합물의 종류가 분리되어 개별적인 검출이 가능하다. 기존의 GC보다 경량화되어야 하고, 유지관리가 용이해야 하므로, 이동상 가스로 활성탄 필터로 정화된 공기를 사용하기도 하며, 부피 감량을 위해 컬럼을 열선과 함께 감아 모듈화하기도 한다.

라돈의 경우, 현재 시중에 판매되는 라돈 검출기의 가격은 수십만 원에서 이천만 원대까지 국산 및 수입품을 포함하여 다양한 제품이 나와 있다. 측정 방식은 크게 이온

챔버 방식과 실리콘 광다이오드를 이용한 방법이 있다. 국내 연구기관(표준연, 원자력안전원 등) 전문가들이 라돈 측정의 신뢰성을 위해 이용하는 제품은 RAD7(미국 DURRIDGE사)이나, 가격이 천만 원을 상회하는 제품이다. 국내에서는 이온 챔버 방식의 라돈아이(에프티랩)가 있으며 가격 대비 성능이 우수한 것으로 알려져 있어 다수의 현장에 적용하기에 보다 적합한 것으로 판단된다.

이온 챔버 방식은 기본적으로 라돈 붕괴에 의한 218Po를 검출하는 것이 아니라, 라돈 붕괴에 의한 방사능과 붕괴핵종이 공기 중 입자를 이온화시키는 원리를 이용한 것으로 챔버 안에서 붕괴하는 모든 방사능을 측정하는 방식이어서 정확도가 떨어질 수 있다. 즉, 실제 라돈 양보다 더 많이 측정할 수 있다. 하지만, 저렴하면서 동시에 감도가 좋은 센서로 알려져 있으며, 이온화된 입자가 전기적으로 대전된 테플론판에 부착되고, 테플론판이 환원되면서 이 때 발생하는 전압 손실량이 라돈농도와 비례하므로 농도를 계산할 수 있다.

이 밖에도 현장 측정 시스템은 기존의 실험실에서 사용하는 분석 장비에 비해 단순화, 경량화되어 있는 형태이므로 검출한계가 상대적으로 높아질 수 있다. 따라서 현장에서의 시료 농도를 시스템의 검출한계 이상으로 높일 수 있는 시료 농축 장치가 전처리 장비로

그림 1. 광이온화 검출기 원리

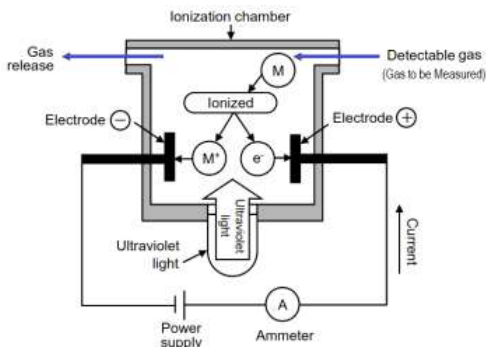


그림 2. 이온 챔버 방식 검출 원리

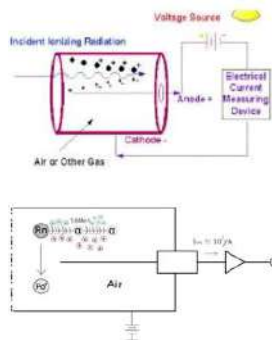
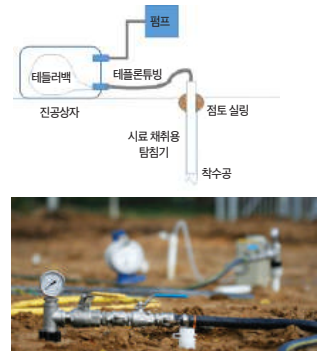


그림 3. 능동형 시료 채취 시스템 모식도와 지표면에서의 모습



필요할 것으로 판단된다. 농축 장치로는 흡착관의 사용을 고려해 볼 수 있으며, 대표적인 휘발성 유기화합물 흡착관으로는 Tenax-TA, Carbotrap, Carbopack 등과 같은 상용화된 제품이 있다. 시료 채취 통로를 흡착관에 직접 연결하여 시료의 채취와 동시에 농축을 진행하며, 일정시간 농축 후 흡착된 시료를 열로 탈착하는 장치를 이용하여 현장 측정 시스템에 주입되게 하는 방식이다. 대기오염 분석 시 이와 같은 열탈착(Thermal Desorber, TD)-GC 시스템을 사용하고 있다. 불포화대 공극 내 오염물질도 대기 상의 오염물질 채취와 유사한 방식을 취하는 것이 적합하다고 판단된다.

3. 능동형 시료 채취

토양 내 오염물질 시료를 채취하는 방법으로는 단기간의 시료 채취가 가능하고 시료채취량을 조절할 수 있는 능동형 시료 채취가 있으며, 일반적으로 지상에 위치한 펌프를 이용하여 일정한 유량으로 일정 시간 토양 내 가스 시료를 테들러백 또는 흡착관에 포집하는 방식 또는 진공상태의 샘플 컨테이너를 연결하여 가스 시료의 이동을 유도하는 방식을 사용한다. 이를 위해 관측공 개발이 전제되어야 하며, 불포화대에서 샘플링이 가능하도록 샘플 프로브 역시 설치되어야 한다. 국내에는 이에 관한 표준화된 시료 채취 및 데이터 수집 기준이 명확하게 제시되어 있지 않으나, 미국에는 샘플 프로브, 튜빙의 규격, 관측공 내 토양의 조성, 샘플링 유량 및 시간 등에 관한 가이드라인이 제시되어 있다. 현장에서의 신속한 시료 분석을 위해 능동형 시료 채취 방법의 국내 표준화가 필요하며, 이를 경량화된 현장 분석 시스템과 연계하여 실시간 분석·모니터링 시스템을 구축해 나갈 필요가 있다.

4. 지중오염측정소 설치 및 기대효과

현장에서 지중 오염물질을 모니터링하여 지중오염 측정소를 설치하게 되면 전국적인 지중자동측정망으로 확대 설치될 수 있으며, 향후 일반적인 오염토양 및 위해성



평가에 적용이 가능하다. 토양 및 지하수 복원 시장이 활발히 형성되어 있는 미국에서는 2020년에는 30조 원까지 성장할 것이라는 전망이 있어 이와 같은 시스템을 가지고 국외 시장으로 진출할 경우 상당한 경제적 효과를 창출해 낼 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 지중 내 오염 물질의 흐름을 보다 정확히 판단함으로써 오염사고 발생 시 신속한 대처가 가능할 것으로 판단되며, 이로 인해 토양 및 지하수의 오염을 선제적으로 방지하는 효과를 거둘 것으로 기대된다. [ST](#)

▣ 참고문헌

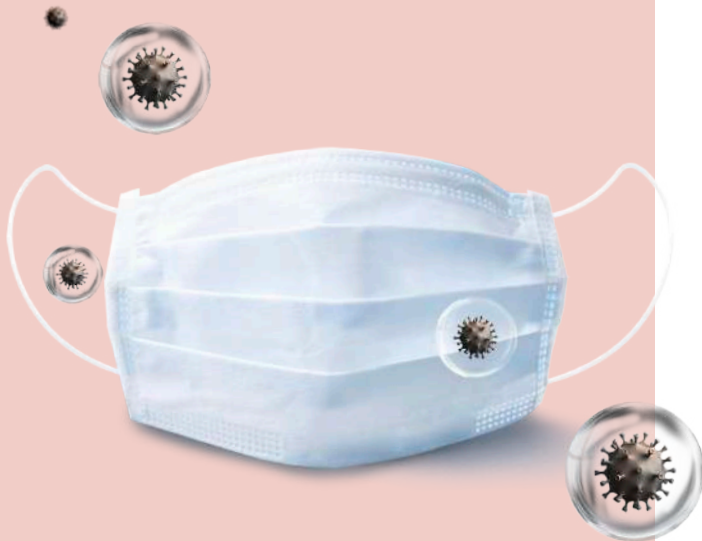
1. 송호재 외, 2020. 라돈가스의 문제점과 사례분석을 통한 해결방안, Journal of Soil Groundwater Environment, 25(1), 1-11.
2. 이명기 외, 2011. 소형 GC 모듈의 개발 및 특성, Journal of the Korean Chemical Society, 55(2), 157-162.
3. Air Toxics, 2014, Guide to air sampling & analysis
4. California EPA, 2015, Advisory active soil gas investigations
5. Spinelle et al., 2017. Review of portable and low-cost sensors for the ambient air monitoring of benzene and other volatile organic compounds, Sensors, 17(7), 1520.
6. USEPA, 1996, Soil Gas Sampling, SOP#2042



재채기에 의한 입자의 이동

이주형 / 서울기술연구원 기후환경연구실 전임연구원

신종 코로나바이러스로 인해 전 세계가 들썩이고 있는 요즘, 감염자의 재채기나 기침이 바이러스 감염 경로를 밝히는 데 중요한 역할을 한다는 사실이 밝혀졌다. 특히 재채기 이후 감염자의 입에서 배출된 체액과 공기는 공기 구름을 형성하고, 이 구름의 속도 감소는 체액 입자인 침강을 유발한다. 결국 이 침강으로 인한 체액의 전파 거리는 입으로부터 1~2m 범위에서 발생하는데, 우리는 이러한 과학적인 근거에 따라 사회적 거리두기를 시행하고 있다.



재채기에 의한 공기 구름의 형성

전 세계적으로 신종 코로나바이러스의 피해가 급속히 늘어나고 있는 가운데 코로나바이러스의 감염 경로에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다. 코로나바이러스의 주요 감염 경로가 “비말감염”인지 “공기감염”인지에 대해선 아직 밝혀지지 않았지만, 감염자의 재채기가 바이러스의 감염 경로를 밝히는 데 중요한 역할을 한다는 것은 분명한 사실이다. 감염자가 재채기를 할 때, 호흡기를 통해 병원균이 포함된 체액이 배출되는데 작게는 2 μ m, 크게는 1,000 μ m 크기의 체액 입자, 수 천개가 체외로 배출된다¹⁾.

MIT의 Bourouiba 박사는 실험과 이론 분석을 통해 재채기에 의한 체액 입자의 전파 과정을 연구하였다. 연구에 따르면, 재채기 이후 감염자의 입에서 배출된 체액과 공기, 즉 액체와 기체, 두 개의 상으로 이루어진 공기 구름이 형성된다. 초기 구름에서는 다양한 크기의 체액 입자가 포함되어 있으며 구름이 전파함에 따라 구름의 크기가 커지고 전파속도는 감소한다. 이러한 속도의 감소는 구름 내에 포집된 체액 입자의 침강을 유발하는데, 입자의 크기가 클수록 빠른 시간 안에 침강이 일어나며, 침강으로 인한 체액의 전파 거리는 입으로부터 1~2m 범위에서 발생한다. 이 거리는 WHO의 코로나바이러스 예방 수칙 중 하나인 사회적 거리두기의 기준에 대한 과학적 근거가 된다²⁾.

상대적으로 큰 체액 입자의 침강 이후, 50 μ m 이하의 작은 입자들은 공기 구름 내부에 포집되어 순환함과 동시에 구름의 부피는 점점 팽창하는데 이로 인해 구름에 작용하는 부력이 증가하여 <그림 1>과 같이 구름의 전파 방향이 위로 변하게 된다. 이렇게 상승하여 부유하는 공기 구름의 이동범위는 매우 넓어져 수평거리로 8m 수직거리로 실내 환기설비가 위치한 4~6m 높이까지 이동할 수 있다.

그림 1. 재채기를 통한 입자의 움직임 사진³⁾

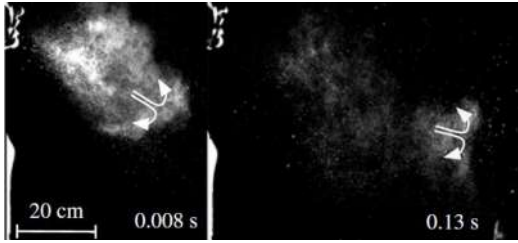
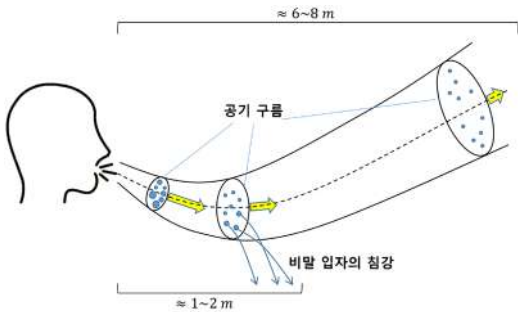


그림 2. 재채기에 의한 공기 구름의 형성

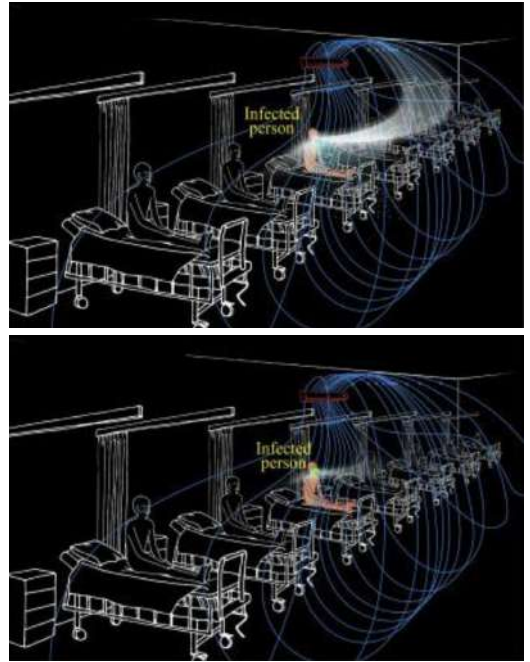



실내 공간에서 환기 시스템에 의한 입자의 이동

공기 구름의 형성으로 인해 체액 입자의 이동 범위가 증가함과 동시에 체액 입자의 부유 시간 또한 수 분에서 수 시간으로 늘어나게 된다⁴⁾. 그리고 공기 중에 부유하는 입자는 에어컨 바람과 같은 주변의 다른 유동에 의해 재포집되어 이동할 수 있는데, 이러한 이유로 바이러스의 감염 능력은 더욱 높아질 가능성이 있다.

물론 입자의 부유 시간에 따른 바이러스의 감염 능력에 대해서는 아직 많은 연구가 필요하겠지만, 현재로서는 코로나바이러스의 “공기감염” 가능성을 완전히 배제할 수 없을 것이다. 공기감염의 영향이 가장 클 것으로 예상되는 곳은 현대인들이 주로 생활하는 실내공간으로, 바이러스 감염을 억제하기 위해서 실내 공기질을 적절히 관리할 필요가 있다. 최근 연구에 따르면 기내, 자동차, 병실과 같은 밀폐된 환경에서 재채기에 의해 배출된 입자는 밀폐된 공간에서 수분동안 부유할 수 있는데 이런 입자의 움직임에 가장 큰 영향을 미치는 것은 에어컨과 같은

그림 3. 실내 공간에서 환기 시스템에 의한 입자의 이동⁵⁾



환기 시스템이다. 따라서 밀폐된 실내공간에서 에어컨을 사용하는 경우 바이러스의 이동에 대비해 마스크를 착용해야 하고, 환기를 통해 실내에 신선한 공기를 주기적으로 공급해야 한다. 이 밖에도, 환기 시스템의 개선과 항바이러스 고효율 필터를 사용해 바이러스의 노출 빈도를 줄인다면 바이러스의 감염 위험을 줄이는데 효과적일 수 있다. 

- 1) J. P. Duguid, "The size and the duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet-nuclei", J. Hyg. (1946).
- 2) WHO 홈페이지 <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/>
- 3) L. Bourouiba et al., "Violent expiratory events: on coughing and sneezing", J. Fluid Mech. (2014).
- 4) Y. Fengh et al., "Influence of wind and relative humidity on the social distancing effectiveness to prevent COVID-19 airborne transmission: A numerical study" J. Aerosol Sci. (2020).
- 5) M. Jayaweera et al., "Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosol: A critical review on the unresolved dichotomy", Environmental Research (2020).



기후변화에 따른 미래 도시침수 방재대책의 패러다임 전환

이승수 / 한국환경정책·평가연구원 부연구위원

2020년 여름, 기후변화로 인한 집중호우가 도시침수를 낳으며 자연재해에 대한 위험성이 또다시 대두되었다. 이러한 도시침수는 인명피해와 주택침수로 인한 재산상의 피해 등 돌이킬 수 없는 상황을 초래하며, 침수된 도로와 지하공간은 도시 마비를 일으켜 막대한 피해를 야기한다. 대한민국뿐만 아니라 동남아시아 국가를 강타한 집중호우, 이제 우리는 피해 예방을 위한 적극적인 노력이 필요하다.



1. 들어가며

최근 기후변화로 인한 집중호우 발생횟수와 강도의 증가로 인해 홍수발생에 따른 침수피해가 빈번하게 발생하고 있다. 2019년 11월 기상청 보도자료에 따르면, <그림 1>과 같이 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 6차 보고서에서는 21세기 말까지 기온은 1.9~5.2℃ 상승하고 강수량은 5~10%로 증가할 것으로 예상하고 있다. 인적·물적 자원이 집중되어 있는 도시의 특성상 침수로 인한 피해가 발생하면 인명피해와 주택침수로 인한 재산상의 피해뿐만 아니라, 도로침수와 지하공간(지하철역 및 지하상가 등) 침수로 인해 도시 기능이 마비되는 등 막대한 피해가 발생할 할 수 있어 피해 예방을 위한 노력이 중요하다.

특히, 2020년 여름은 집중호우로 인해 동남아시아 국가들을 비롯한 중국과 일본 그리고 우리나라가 홍수 피해로 몸살을 앓고 있다. 중국은 5월 말부터 현재(8월 초)까지 중국남부에서 시작된 폭우가 중부지역과

그림 1. 전지구 평균기온(℃)과 전지구 평균 강수량(%)의 연도별 변화(기상청 보도자료)

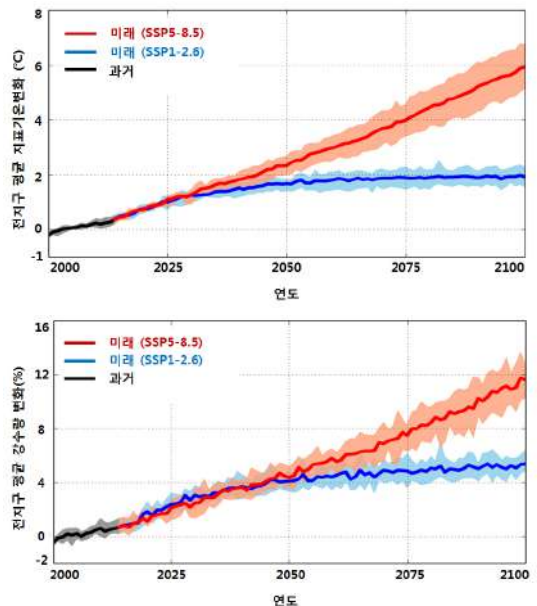


그림 2. 중국 장시성 홍수발생 모습⁴⁾



그림 3. 일본 홍수피해 모습⁵⁾



북부지역까지 확장되어 장시성, 안후이성, 구이저우성, 후베이성 등 중국 중남부 일대에 막대한 홍수피해를 발생시키고 있다. 21세기 중국에서 발생한 최악의 홍수로 평가받고 있는 이번 홍수는 아직 최종 피해조사가 완료되지 않았으나, 현재까지 우리나라 전체 인구를 웃도는 약 5,500만 명의 수재민이 발생하였고 재산피해는 무려 24조 6,700억 원에 이르는 것으로 파악되었다¹⁾.

중국 남부지역에서 홍수를 일으킨 비구름의 일부는 7월 초 동쪽으로 이동하여 7월 3~8일까지 규슈지역에 집중호우를 뿌려 일본에서도 막대한 홍수피해를 발생 시켰다. 일본기상청에서 발표한 보도자료²⁾에 따르면 이번 폭우는 '레이와(令和) 2년 7월 호우'³⁾로 명명되었으며, 총 강수량이 규슈지역에서 1,000mm, 키키지방에도 900mm 이상 기록 되었다. 이로 인하여 해당 지역에는 하천 범람, 산사태, 침수 등의 피해가 발생하여 73명(사망 54명, 행방불명 19명)의 인명피해가 발생하였다.

일본 규슈지역에 막대한 피해를 일으킨 비구름 대는 7월 중순 한반도로 이동하여 우리나라 전역에 막대한 홍수피해를 발생시키고 있다. 특히, 이번 집중호우로 인해 7월 23일 부산광역시 서면과 해운대 일대에 침수가 발생하여 많은 피해가 발생하였으며, 7월 30일 대전광역시, 8월 2일 충청지역, 8월 3일 충남 천안과 아산지역 등 도시지역에 막대한 침수피해가 발생했다.

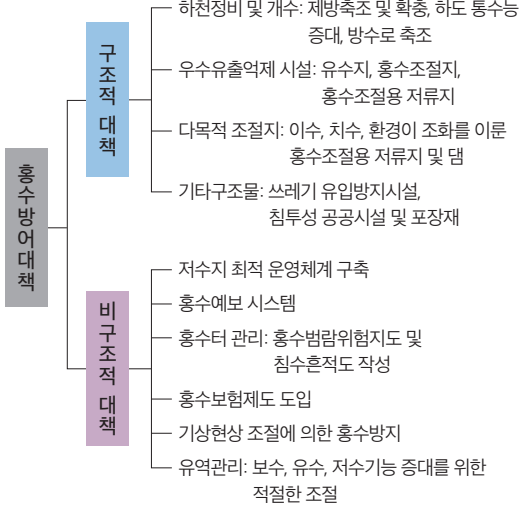
본 기고문에서는 기후변화로 인해 급증한 집중호우로 인해 발생하는 홍수에 대한 일반적인 대응 방식에 대해 알아보고, 도시침수로 인한 피해예방을 위한 대응 방식에 대해 고찰해 보기로 한다.

2. 홍수 대응 대책

홍수 피해 저감을 위한 대책은 크게 구조적 대책과 비구조적 대책으로 구분할 수 있다. <그림 4>에서와 같이 구조적 대책은 하천의 제방을 높여 하도(河道)가 흘러보낼 수 있는 홍수량을 늘리거나 하천 주변에 일시적으로 홍수량을 저류시켜 하천의 수위 상승을 지연시키는 대책을 일컬으며, 비구조적 대책은 구조적 대책으로 건설된 홍수 대응 시설물의 운영방식을 최적화하거나, 홍수 발생이 예상되는 경우 주변 시민들에게 미리 경고를 발령하여 안전한 곳으로 대피할 수 있게 하고

- 1) 한겨레 인터넷 신문(http://www.hani.co.kr/arti/international/international_general/955655.html), 검색일 2020. 8. 8
- 2) 일본 기상청 홈페이지(https://www.jma.go.jp/jma/press/2007/09b/20200709_heavyrainname.html?816), 검색일 2020. 8. 8
- 3) 일본 기상청은 현저한 재해를 초래한 자연현상에 대해 후세에 경험과 교훈을 전승하기 위한 목적으로 명칭을 정한다.
- 4) VOA 인터넷 뉴스(<https://www.voakorea.com/world/asia/china-flood-3>), 검색일 2020. 8. 11
- 5) 시사플러스 인터넷 뉴스(http://www.sisaplusnews.com/news/article_View.html?dxno=25531), 검색일 2020. 8. 11

그림 4. 홍수방어를 위한 구조적·비구조적 대책(하천설계기준, 2020)



사전에 홍수피해에 대비하여 보험에 가입할 수 있게 하여 재산상의 피해를 보상받을 수 있게 하는 방안을 일컫는다.

일반적으로 구조적 대책은 정량적으로 확실한 홍수피해 저감 효과를 볼 수 있다는 장점을 가지고 있으나 대규모 예산투입이 필요하며, 건설에 필요한 토지편입 및 공사 소음 등으로 인한 사회적 갈등을 유발할 수 있다는 단점이 있다. 비구조적 대책은 시행에 따른 효과를 정량화하기 어렵다는 단점을 가지고 있으나 상대적으로 적은 예산으로 홍수피해 저감 효과를 볼 수 있다는 장점이 있으며, 인명피해 발생 예방효과가 뛰어난 것으로 평가받는다.

일반적인 홍수대응 대책과 유사하게 도시침수 저감을 위한 구조적 대책으로는 빗물받이와 하수관로 용량 확충을 통한 하수관로의 통수능 증대와, 빗물배수펌프장 건설 및 펌프용량 확충, 빗물저류조 및 지하배수시설⁴⁾ 건설 그리고 아스팔트와 콘크리트 등과 같은 불투수층⁵⁾을 빗물이 잘 스며들 수 있는 투수성 재료로 재포장하는 것들을 들 수 있다. 비구조적 대책으로는 하수관로 모니터링과 침수예측시스템 구축을 통한 침수예경보시스템 도입 및 침수흔적도 및 침수예상도의 제작과 공개 등을 들 수 있다.

3. 국내 홍수 관리체계

우리나라는 「수자원법」 제8조(홍수·갈수 예보의 실시), 「하천법」 제41조(홍수조절을 위한 조치), 「자연재해대책법」 제22조(홍수통제소의 협조 의무) 그리고 「수자원법 시행규칙」 제2조(홍수예보)에 근거하여 홍수 특보 발령 업무를 홍수통제소에서 수행하고 있다. 현재 한강, 낙동강, 금강, 영산강홍수통제소는 해당 관할 영역 총 60개(한강유역 18개, 낙동강유역 15개, 금강유역 10개, 영산강유역 14개) 지점에 대해 계획홍수위⁶⁾의 100분의 60에 해당하는 수위에 가까워지거나 초과할 것이 예상되는 경우에는 홍수주의보를, 100분에 80에 해당하는 수위에 가까워지거나 초과할 것이 예상되는 경우에는 홍수경보를 발령하여 홍수범람으로 인한 피해에 대비할 수 있도록 하고 있다. 이러한 하천 홍수 대응체계는 실제로 소중한 인명피해를 예방⁷⁾하는데 직접적인 효과를 발휘하고 있다.

도시침수 관리의 경우 하수의 범람으로 인한 침수 피해가 발생하거나 발생 우려가 있는 지역을 ‘하수도 정비중점관리지역’으로 지정(「하수도법」 제4조의 3제1항)할 수 있으며, 침수를 예방하기 위해 ‘하수도정비 기본계획’을 수립(동법 제5조제1항)하여 단계적으로 하수역류를 예방하기 위한 사업을 수행하거나, 「자연재해대책법」에 근거하여 상습침수지역을 ‘자연재해위험 개선지구’로 지정(제12조 제1항)하여 재해위험 요소를 제거하거나 줄이기 위한 사업을 수행할 수 있다. 시설물의 수해 내구성 강화를 위해서는 ‘수방기준’을 제정(제17조 제1항)하고 시설물 설계와 시공 시 적용하여 수해로부터 안전한 시설물을 만들 수 있도록 하고 있으며, 상습침수지역의 경우 재해 경감을 위한 ‘홍수방어기준’을 제정(제18조 제1항)하여 관련 사업 수행 시 적용하여 침수피해 재발을 방지하기 위해 이용된다. 또한, 침수 피해 발생 시 침수흔적도의 작성·보존(제21조 제2항)을 통해 관련 사업에 참고할 수 있도록 하고 있다.

4. 도시침수 대응 개선방향

현재 우리나라 도시지역의 하수도 설계에 기준이 되는 계획강우의 확률 연수는 지선관로 10년, 간선관로 30년, 빗물펌프장 30년(환경부, 2019)이며, 기후변화로 인한 강우 특성의 변화로 인해 확률 연수를 늘리기 위한 노력이 시행되고 있다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 하수관로의 통수능 확대를 위한 구조적 대책은 천문학적인 비용이 필요하므로 장기적인 관점으로 추진해 나가야 함이 바람직하다. 따라서 빗물의 배수 능력을 증대시켜 침수피해를 예방할 수 있는 구조적 대책이 시행되기 이전에는 침수피해 예방을 위한 비구조적 대책을 적극적으로 시행할 필요가 있다.

현재 서울시, 인천시, 울산시, 부산시 등이 자체적으로 『자연재해법』 및 『재난 및 안전관리 기본법』에 근거하여 내수침수예측시스템을 구축하여 운영 중에 있다. 서울시에서는 풍수해 업무의 효율성 개선과 자치구의 대응능력 배양을 위해 2018년 4월 ‘서울시 강한 비구름 유입경로 및 침수위험도 예측’ 사업을 통해 도시침수

예측시스템을 자체적으로 구성하여 운영 중에 있으며, 부산시는 2018년에 온천천 유역 54km²에 대한 침수피해를 예측하기 위해 집중호우 예측시스템과 시 기반 수영강 수위예측 알고리즘을 이용한 1D-2D 연계 ‘온천천 유역 도시침수예측시스템’을 개발·운영 중에 있다. 울산시는 2016년 태풍 ‘차바’ 내습 시 국가 및 지방하천 범람으로 제방유실 및 가옥·차량 침수 등의 피해 발생 이후 홍수 예측정보 강화를 위해 K-water와 협약하여 태화강 등 주요하천 11개소에 대해 홍수대응 모니터링과 위험 단계별 예·경보 발령시스템을 구축·운영 중에 있고, 인천시는 2018년 KISTI와 데이터 기반 도시현안문제 해결을 위한 업무협약 체결 이후 기상수치모델과

- 6) 서울시 신월빗물저류배수시설이 대표적 사례이다.
- 7) 빗물이 스며들지 않는 일반적인 바닥 포장재를 일컫는다.
- 8) 하천설계 시 하천이 최대로 감당해야 하는 것으로 결정된 하천수위를 의미한다.
- 9) “집중호우로 섬진강 제방 일부 붕괴… 인근 마을 주민 대피”, 세계일보 인터넷 기사참조(<http://m.segye.co.m/view/20200808509991>), 검색일 2020. 8. 9

그림 5. 부산시 온천천 유역 도시침수예측시스템 구성도

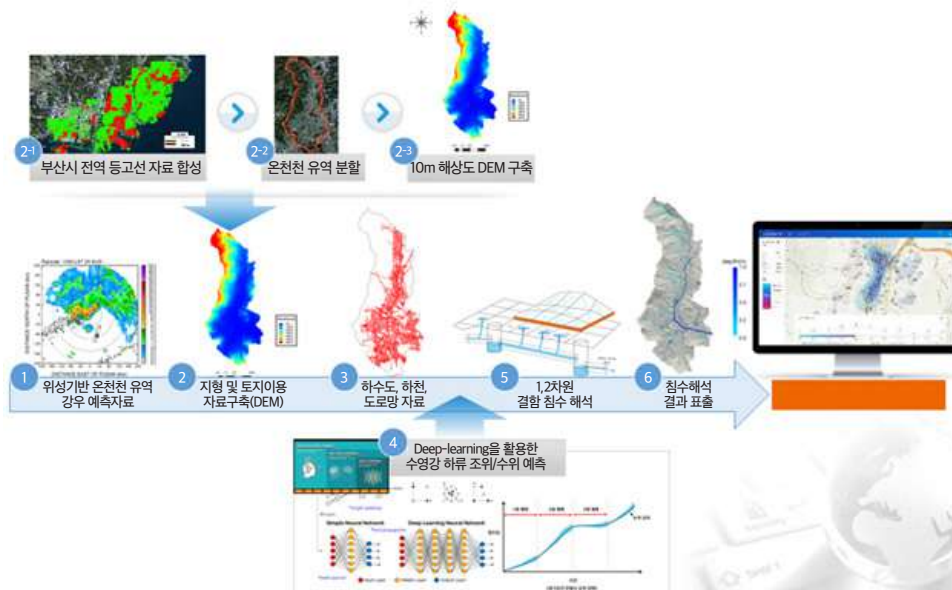
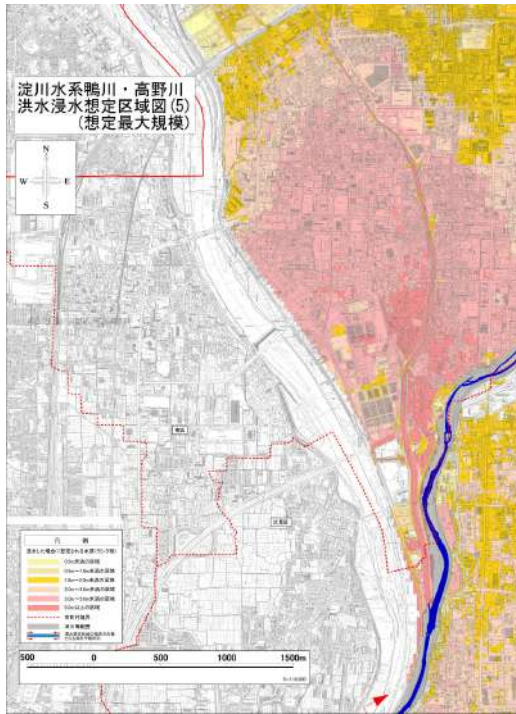


그림 6. 타카노강 홍수침수상정도(교토부 홈페이지)



인공지능모델을 결합하여 생산된 강수예측 정보를 이용한 슈퍼컴퓨터 기반 내수침수를 예측시스템을 구축, 2020년까지 인공지능을 이용한 하천수위예측 및 슈퍼컴퓨팅 기반 연안 침수 예측을 수행하여 GIS기반 통합 3차원 시각화 환경을 구축하였다. 그러나 현재 4개의 지자체 모두 예측정확도 문제 및 예경보의 법적 권한 부재로 인해 실제 내수침수로 인한 피해예방에 직접적으로 활용은 되지 않는 것으로 파악되었다.

일본은 1949년 수방법(水防法, Flood Fighting Act)을 제정하여 홍수, 빗물유출, 해일 또는 수위 상승에 의한 수재해를 방어하기 위한 체계를 구축하여 내외수 홍수범람을 통합적으로 관리하고 있다. 특히, 도도부현지사¹⁰⁾와 시정촌장¹¹⁾이 해당 지역의 내수범람 예보 권한을 가지고 있을 뿐만 아니라 예상되는 최대 규모 강우로 인해 침수가 예상되는 구역에 대해 내수침수예상구역으로 지정하여 이를 공표하도록

하고 있다 <그림 6>. 각 지자체 홈페이지에 공개된 내수침수예상구역에 대한 정보를 통해 해당 지역에 거주하고 있는 시민들은 평상시에 내수침수에 대한 경각심을 가질 수 있으며, 침수피해 방지를 위한 지자체의 활동에 상대적으로 협조적인 것으로 평가된다.

따라서 앞선 사례를 바탕으로 기후변화에 의한 위험성이 증가하고 있는 도시침수의 효과적이고 효율적인 피해저감을 위해 다음과 같은 노력이 필요할 것으로 판단된다.

- 연구개발(R&D) 투자 확대를 통한 고정확도의 도시침수 예측기술 개발
- 침수피해에 대한 관심 증대를 위한 침수흔적도와 침수예상도 정보제공
- 법적·제도적 정비를 통한 지자체의 침수예경보 권한 확보

5. 마치며

2020년은 자연재해에 대한 위험성에 대해 실감하고 되돌아보는 한 해로 기록될 것으로 보인다. 아쉽지만 현재 인류의 기술력으로는 폭우로 인한 홍수를 완벽하게 방어할 수는 없다. 따라서 홍수피해를 최소화하기 위한 노력에 힘써야 할 것이다. 이러한 노력의 일환으로 홍수피해 저감을 위한 기술개발에 대한 투자와 법적·제도적 정비를 통한 지자체의 홍수예경보 권한 확보, 마지막으로 침수흔적도와 침수예상도에 대한 정보제공을 통해 도시침수에 대한 경각심을 향상시키기 위한 공론화 과정이 필요한 시기로 판단된다. [sit](#)

10) 우리나라 광역지방자치단체장에 해당함

11) 우리나라 기초단체장장에 해당함

참고문헌

1. 국토교통부(2020), 하천설계기준
2. 환경부(2019), 하수도설계기준



인공지능 기반 CCTV 지능형 선별관제 기술

김준철 / 서울기술연구원 스마트도시연구실

스스로 학습, 추론, 지각하는 인공지능 기반
영상분석 기술이 영상보안 분야에 적용되면서,
기하급수적으로 설치되는 CCTV를
효율적으로 관리하기 위한 지능형 스마트
선별관제 기술이 영상보안 시장에 다시 한번
대지각변동을 이끌고 있다.



영상보안 시장의 확대

2020년 4차 산업혁명 시대, 인공지능, 빅데이터, 사물 인터넷 등은 핵심원천기술로 주목받고 있다. 이러한 기술은 영상보안 분야에서도 기존 CCTV 영상분석 한계를 극복하게 한다. 특히, 인공지능과 영상분석의 결합이 기존 CCTV 영상보안 분야에서 불가능했던 스마트 영상분석을 가능하게 바꿀 수 있는 새로운 패러다임을 제시하고 있으며, 인공지능 기반 기술의 접목을 통한 지능형 CCTV 영상보안시장에도 다시 한번 커다란 지각변동이 일어나고 있다.

국내·외 지능형 CCTV 설치 및 영상보안 분야의 시장규모가 나날이 커지고 있음이 이를 방증한다<표 1>. 한국의 경우, CCTV 설치운영대수는 약 103만 대이며, 지자체를 포함하여 전국 22개 CCTV 관제센터에서도 지능형 영상분석 기술을 확대 적용하고 있다. 서울시의 경우, 25개 자치구별로 통합관제센터를 운영하고 있으며, 2021년까지 지능형 CCTV를 확대 설치하여 본격적인 스마트 관제체계를 구축할 계획이다. 현재 국내 인공지능 CCTV 영상분석 시장은 아직은 초기 단계이며, 1,000억 원 규모로 공공기관 50%, 민간기업 25%, 기타 25%로 차지한다고 보고 있다.

표 1. 주요 국가별 공공 CCTV 설치운영 대수

국가	CCTV 설치운영 대수 (만 대)	100명당 CCTV 대수 (대)
중국	20,000	14.36
미국	5,000	15.28
독일	520	6.27
일본	500	2.72
영국	500	7.50
프랑스	165	2.46
한국	103	1.99

※ 자료: Top 10 Countries and Cities by Number of CCTV Cameras, Authority(2019.12.) (<https://www.authority.com/news/top-10-countries-and-cities-by-number-of-cctv-cameras/>)

인공지능 기반 영상분석 기술의 발전

CCTV 영상분석 기술 분야에서 인공지능 도입이 중요한 이유는 무엇보다 정확한 객체탐지가 가능하다는 데 있다. 과거 구축되었던 지능형 영상분석 시스템들은 조도, 날씨 등 외부의 환경적인 영향을 크게 받아 오탐지, 오알람 등의 다양한 한계를 보여왔다. 하지만, 인공지능 기반 영상분석은 신경망에 기반한 딥러닝 알고리즘처럼 영상의 지속적 학습을 통해 진화하므로, 전문관제요원이 CCTV 영상을 통해 정확하게 객체를 식별하고, 움직임을 탐지하고, 종합적인 상황을 토대로 이상행동을 예측하는 수준까지 가능할 것이다.

이러한 인공지능 기반 영상분석 기술의 발전은 CCTV 관제방식에도 긍정적인 영향을 주고 있다. 행정안전부 기준 1인당 50대 대비 서울시 자치구 CCTV 통합관제센터 관제요원은 1인당 평균 605대를 관제하고 있는 것으로 조사되었으며, 기존 모니터링, 식별, 조작 등의 수동작업 한계를 보완하기 위한 선별관제 도입 추진이 필요시 되고 있다 <그림 1>. 즉, 관제요원이 다수의 CCTV를 육안으로 모니터링하는 업무 특성을 고려하면, 인공지능 영상분석

기반 선별관제 기술의 고도화를 통해, 인간처럼 객체를 정확하게 식별하고, 범죄상황 또는 이상패턴을 감지하며, 사고를 사전에 예측하여 사전 예방하는 기술의 적용은 더 효율적인 관제체계를 가능케 할 것이다. 따라서, 딥러닝을 통한 지속적인 CCTV 동영상의 학습을 통하여, 오탐지, 오알람을 최소화하여 유의미한 영상을 선택적으로 관제하는 인공지능 기반 선별관제방식은 효율적인 관제운영을 지원하여 인력과 시간의 낭비를 줄이는 효과를 가져올 것이다.

최근 머신러닝, 딥러닝 기술이 발전하고 다양한 분야에서 상용화되면서, 지능형 CCTV 선별관제 기술개발과 관련한 연구과제들이 진행 중이다. 예를 들어, 서울기술연구원은 실시간 영상 스트리밍으로부터 딥러닝 기반 정상행동과 이상행동 패턴을 자동 탐지하는 시스템을 개발하였다 <그림 2>. 해당 기술은 인공지능 기반 선별관제 기술 개발과 연계하여 관제 요원의 유연한 대처가 가능토록, 현재 한강교량 CCTV 관제시스템의 선별관제 고도화를 위한 활용단계 연구를 진행 중이다.

그림 1. 지능형 선별관제 필요성 및 개념도



※ 자료: 서울기술연구원, CCTV에 나타난 범죄 상황 인지 기술 개발, 2020

그림 2. 동영상 학습기반 딥러닝 범죄상황탐지 시스템



※ 자료: 서울기술연구원, CCTV에 나타난 범죄 상황 인지 기술 개발, 2020

그림 3. 국외 지능형 CCTV 영상보안 기술 기업 동향

<p>1 Avigilon (미국)</p> <ul style="list-style-type: none"> AI appliance (self learning video analytics) Appearance search (사람/객체 탐지) <p>보안업계 특허 중 80% 이상 소유 2018년 2월 모토로라 소유권에 인수</p> <p>https://www.avigilon.com</p>	<p>2 Axis (스웨덴)</p> <ul style="list-style-type: none"> Citying 인수(2016) 후 딥러닝 기반의 도로 교통사고 감지 자동차 감지 솔루션(AID) Axis Guard Suite(지능형 보안어플리케이션)은 모션 감지, 침입 감지, 배회자 감지에 활용 가능 <p>https://www.axis.com</p>	<p>3 Agent Vi (이스라엘)</p> <ul style="list-style-type: none"> Savi & inno 실시간 이벤트 알림 (사람, 차량, 물체 등 기반 이벤트 감지) SaVi Video Search <p>https://www.agentvi.com</p>
<p>4 Genetec (캐나다)</p> <ul style="list-style-type: none"> Kiwi security 인수 후 kiwi vision 런칭 경계감시, 사람/객체 감지, 통행량 분석, 피험/차량 카운팅의 영상 분석 기능 제공 <p>https://www.genetec.com</p>	<p>5 Huawei (중국)</p> <ul style="list-style-type: none"> 얼굴 검색 기능이 내장된 카메라 / 차량 번호판 인식 카메라 수집한 데이터는 성명, 의료 종류 및 색상, 차량 모델 등 항목별로 수집되어 대시 보드에 일목 요연하게 표현 선전(shenzhen) 지역에 클라우드 기반의 지능형 교통 시스템을 출시 <p>(보행자와 교통량을 분석해 신호등 제어, 선전 시내 특정 지역의 보행자 정보와 차량 흐름, 교통량 최적화 결과 확인 가능)</p> <p>https://www.huawei.com</p>	<p>6 Sense time (중국)</p> <ul style="list-style-type: none"> 중국 과학기술부(MSTC)가 Intelligent Vision 분야의 차세대 인공지능(시)의 국가 개방형 혁신 플랫폼을 구축하기 위해 SenseTime의 Facial Recognition 기술을 도입하기로 전략 결정 국내에서는 한컴MDS를 통해 솔루션 공급 중 <p>https://www.sensetime.com</p>
<p>7 Megvii (중국)</p> <ul style="list-style-type: none"> Face++ 얼굴 인식 소프트웨어 플랫폼은 이미 150 개국에서 300,000 명이 넘는 개발자가 사용하는 등 세계에서 인정 국내 SK 텔레콤에서 적극 투자 <p>https://megvii.com/en</p>	<p>8 YITU Technology (중국)</p> <ul style="list-style-type: none"> 후난(湖南)성의 용저우(永州市)와 함께 중국내 사.한-소를 연동시키는 도시급 안전 빅데이터 플랫폼을 구축 얼굴 스캔 플랫폼 드래곤아이 시스템(Dragonfly Eye System)은 최소 20억 명의 사람들로부터 특정 인물을 단 몇 초 만에 사람을 식별 <p>https://www.yitutech.com/en/</p>	

※ 출처: 각 기업 본사 홈페이지 및 109 Directory of video analytics suppliers provider(2018,IPVM), Ranking Favorability of video analytics(2018, IPVM)

관제업무의 효율화 기대

해의 사례를 살펴보면, 대표적인 지능형 CCTV 영상보안 기업으로는 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 현재 글로벌 지능형 CCTV 영상분석 핵심기술 관련 시장은 미국의 아비질론 등이 주도하고 있으며, 중국의 센스타임 등 다수 기업이 부각을 나타내고 있다. 인공지능 분야는 글로벌 오픈 커뮤니티를 통한 기술 개발이 지속적 연구되는 추세여서, 국내외 기업 간의 기술 격차 역시 좁혀지는 추세를 보인다.

국내외 인공지능 CCTV 시장 및 선별관제 기술은 아직도 초기 단계여서, 현재 개발된 지능형 선별관제 기술은 여전히 오탐지, 오알람 등의 기술적인 한계가 분명 존재하나, 컴퓨터 비전, 인공지능 기술이 지속 발전함에 따라 지능형 선별관제를 통해 최소한의 리소스로 대량의 CCTV 영상을 동시에 분석하여 유의미한 이벤트를 선별하는 등 관제업무의 효율화가 가능한 시대가 곧 도래할 것이다. s.it

NEW TECHNOLOGY + 01

해양쓰레기 저감을 위한 하천 유입 차단시설의 과거, 현재, 미래

육수열 / 주식회사 포어시스 이사, 건설안전기술사, 토목시공기술사



해양쓰레기란?

해양쓰레기는 바다쓰레기, 해양폐기물 등 여러 이름으로 불린다. 해양폐기물에는 축산분뇨, 하수 찌꺼기 등 액상 물질이 포함되지만, 해양쓰레기라고 지칭할 때는 일반적으로 '인간이 제조, 가공한 것으로 바다에 버려진 모든 고형물질(유엔환경계획, UNEP)'만을 의미한다. 또한, 어디에 분포하고 있느냐에 따라 해안(해변)쓰레기, 해수 표면 가까이 떠다니는 부유쓰레기, 바다 밑바닥에 가라앉은 침적(해저)쓰레기 등으로 분류할 수 있다.

해양쓰레기는 근본적으로 육지의 쓰레기와 다르지

않으며, 인간의 모든 활동에서 비롯된다. 육상에서 발생한 쓰레기가 홍수나 폭우 등으로 인해 강이나 하천으로 유입되어 바다로 들어가거나 해변에 출입하는 관광객이나 주민들의 쓰레기 방치 및 무단 투기 등으로 인해 발생하는 쓰레기를 육상 기인 해양쓰레기라 지칭한다. 해상 기인 해양쓰레기는 어업이나 낚시 관련 행위나 선박의 운항, 해양시설에서 발생하는 것으로, 양식 시설이나 어망 등 어구를 교체할 때 태풍과 강풍으로 인해 떨어져 나가면서 발생하기도 한다.



해양쓰레기가 전 세계 해양환경에 지대한 영향을 미치는 국제적인 환경 문제로 인식됨에 따라, G20, ASEAN 등 다양한 국제협약체들이 국제적인 공조 강화를 목적으로 해양쓰레기 문제에 효과적으로 대응하기 위한 계획을 발표하고 있다. 국제연합(UN) 회원국들은 해양쓰레기 문제의 심각성을 파악하고 해결을 위한 노력으로, 2014년부터 2019년까지 케냐 나이로비에서 개최된 4차례의 유엔환경총회(United Nations Environment Assembly: UNEA)에서 2025년까지 모든 종류의

해양쓰레기를 예방하고 줄이기 위한 행동을 촉구하고, 국제적으로 구속력 있는 조치를 마련하기 위하여 '해양 플라스틱 쓰레기와 미세 플라스틱에 관한 결의안'을 채택하였다. 결의에 따라 유엔환경계획(United Nations Environments Program: UNEP)은 해양쓰레기 대응 방안 마련을 위한 자문 그룹을 구성하여 개인과 시민사회, 정부 및 기업들과의 긴밀한 협력을 통해 해양쓰레기 없는 지구를 만들고자 하는 노력을 공유하고 있다.

해양쓰레기로 인한 피해

최근 빨대가 콧구멍에 깊숙이 박혀 고통받는 바다거북, 비닐에 목이 감긴 물개 등의 사진과 영상이 이슈였고 많은 이들에게 충격을 주었다. 일 년에 10만 마리 이상의 해양 포유류와 100만 마리 이상의 바닷새가 먹이 대신 비닐이나 플라스틱 등의 해양쓰레기를 섭취하여, 섭취된 미세 플라스틱이 그들을 서서히 죽게 만들고 있으며(유엔 환경계획보고) 해양쓰레기가 저층에 침식하여 해양생물의 서식지를 파괴하기도 한다. 이러한 사례들은 우리가 무심코 버린 쓰레기가 해양 생태계에 얼마나 나쁜 영향을 미칠 수 있는지를 생생하게 보여준다.

2016년 미국 항공우주국(NASA)에서는 “쓰레기 섬”의 위치를 보여주는 지도를 공개하며, 지구상에 5개의 큰 쓰레기 섬이 존재한다고 밝혔다. 2010년을 기준, 전

세계적으로 480만 톤~1,270만 톤에 달하는 플라스틱 쓰레기가 해양으로 유입되었으며, 2025년에는 960만 톤~2,540만 톤에 달할 것으로 추정하고 있다(Jambeck et al, 2015; Seavly and Register, 2007; Galgani et al, 2013). 약 80% 이상이 육상에서 유입되고 있으며, 이들은 무분별하게 방치되어(Galgani et al, 2015), 항만·포구, 양식장 등 연근해 특수목적시설물 또는 지역의 운용에 지장을 초래하며 막대한 경제적 피해를 발생시킨다. 해양쓰레기로 인해 전 세계 해양환경 인프라 가치가 1~5% 하락하는 경우, 최대 3,000조 원의 손실이 발생할 것으로 보고된 바 있다(Beaumont et al, 2019). 우리나라에서도 연간 18만 톤의 쓰레기가 바다로 흘러 들어가고 있으며, 삼면이 바다와 접해있고 긴 해안선을 보유하고 있는 지리적 특성상 피해의 규모가 막대하다.

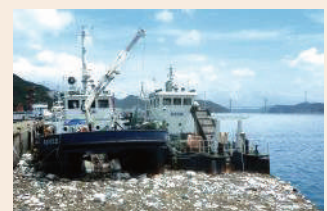
표 1. 세계 해양쓰레기 발생량 (과학기술정보연구원, 2017)

2010년	2011	2012	2013	2014	2015	2016
875만톤	917	960	1,006	1,053	1,104	1,156

그림 1. 태풍 후 거제 흥남 해변 피해 현황 (거제신문, 2013)



그림 2. 마산항 해양쓰레기 피해 현황 (해양환경공단)



관광 산업의 비중이 높은 지역의 경우에는 지역 경제에 큰 타격을 미치는 것으로 나타났다. 2012년에 수행된 연구에 따르면 낙동강에서 떠내려간 쓰레기가 거제 해변에 밀려들어 발생하는 관광 산업 피해 규모는 약 206억 원~287억 원에 달하는 것으로 추정하고 있다(오선 외, 2017).

선박 운항에 지장을 초래하고 해양 사고로 이어지는 일도 적지 않다. 실제 2015년~2017년까지 해양 경찰청에 접수된 사고를 분석한 결과, 선박에 부유물이 감겨 발생하는 사고는 전체 사고의 약 61.7%를 차지하는 것으로 나타났다.

해양쓰레기 관리 동향

국제사회에서는 이러한 해양쓰레기 문제를 심각하게 인식하고 대응 방안을 모색하고자 하고 있다. 유엔환경총회(UNEA)에서는 2014년 제1차 총회에서부터 2019년 제4차까지 '해양 플라스틱 쓰레기와 미세 플라스틱에 관한 결의안'을 채택하고 2025년까지 모든 종류의 해양쓰레기를 예방하고 줄이기 위한 행동을 촉구하고, 국제적으로 구속력 있는 조치를 마련하기로 결의하였다.

우리나라 역시, 국가 차원에서 해양쓰레기 관리 방안 마련에 노력을 기울이고 있다. 연간 평균 약 8만2천여 톤의 해양쓰레기가 수거되며, 수거 및 처리 비용으로 매년 약

500억 원 이상의 국비 및 지방비가 투입되고 있다. 특히 해양쓰레기는 육상쓰레기 대비 5.7배의 수거처리 비용이 투입되고 있다(황주홍 전 국회의원, 해양수산부, 2016).

해양쓰레기의 관리에 관한 규정은 본래 있었으나 피해가 꾸준히 증가하고, 체계적 관리체계 부재로 개별적인 피해사례에 단편적인 대응에 그치는 문제점을 개선하기 위하여 강과 하천을 통해 해양으로 유입되는 육상쓰레기 관리하고자 하는 5대강 유역 「제2차 하천·하구 쓰레기 처리 기본계획(14~18)」(환경부)을 수립하였다.

또한, 해양쓰레기 관리 기반을 전반적으로 확대 및 확충하기 위하여 하천관리청의 해양 유입 차단 의무 부과, 수거 명령제 도입, 정화 비용 구상권 행사 등의 내용을 포함한 「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」을 제정하였고, 2020년 12월에 시행을 앞두고 있다.

하천 유입 차단시설의 필요성

수면에 떠다니는 부유쓰레기가 하천을 통해 바다로 유입되면, 넓은 지역에 산재하게 되고 침전되어 효과적인 수거를 어렵게 만든다. 해양은 하천과 달리 파랑이라는 부가적인 어려움이 존재하고 상대적으로 수심이 깊어 하천과 대비하여 수거의 효율성이 매우 낮다. 특히, 우리나라 서·남해안과 같이 해안의 형상이 복잡하고 유속이 빠른 연안에서는 단시간 내에 널리 산재할 수 있어 수거의 어려움이 가중되는 실정이다.

육상쓰레기에 의한 해양 오염을 효과적으로 줄이기 위해서는 해양으로 유입되기 전에 육상에서 차단하여 수거하는 것이 바람직하다. 현재 청항선을 이용하거나 직접 인력을 투입하여 해양쓰레기를 수거하는 Active System이 존재하나, 부유 상태 쓰레기에 접근하여 수거하는 방식은 비효율성과 고비용이라는 문제를 남긴다. 이러한 문제에 착안하여 해양에 구조물을 설치하고 상시에 해양쓰레기의 이동 및 확산을 차단하는 Passive System에 관한 연구가 2000년대 초반부터 지속해서 이루어지고 있다. Passive System에서 가장 중요한 사항은 구조물이 설치되는

표 2. UNEA 결의안 주요 내용

결의안	주요 내용
제1차 (2014년)	해양으로 유입되는 플라스틱 쓰레기와 미세 플라스틱의 기원 확인 등 21개 사항
제2차 (2016년)	UNEP가 현행 관리체계의 문제점 등을 평가하고 대응 방안을 마련하기 위한 전문가 그룹(Ad Hoc Open-Ended Expert Group) 설치 등 24개 사항
제3차 (2017년)	2025년까지 모든 종류의 해양쓰레기를 예방하고 줄이기 위한 행동 촉구, 국제적으로 구속력 있는 조치 마련, 전문가 그룹 설치 등 11개 사항
제4차 (2019년)	생애주기 접근(Whole-Life-Cycle)과 자원 효율성 우선, 전문가 그룹 활동 연장, 지역 해 프로그램 활성화, 2차 미세 플라스틱 저감을 위한 제품 디자인 혁신 등 9개 사항

지역의 해양환경과 해양쓰레기 하중을 검토하여 구조적인 견고함을 가지면서 쓰레기 차집 성능을 보여주는 것이다. 이를 위해 해양플랜트 기술을 기반으로 다양한 기술의 융합이 필요하며, 현재까지도 융합기술 집약을 위한 다양한 시도가 진행 중이다.

국내뿐 아니라 국제적으로도 다양한 기관과 단체에서 Passive System에 대한 연구개발을 지속하고 있다. 미국의 Elastec, 호주의 The Seabin, 유럽의 비영리 단체인 The Ocean Cleanup 등에서 부유쓰레기를 차단하기 위한 해상 설치 구조물을 개발하여 시범 운영하기 위해 노력하고 있다.

초기 차단시설의 형태

하천에서 바다로 유입되는 부유쓰레기를 차단하고자 하는 시도는 1990년대부터 개발됐으며, 4대강 사업의 하나로 본격적으로 시작되었다. 2001년 이후로 한강, 영산강과 섬진강 유역 6개소에서 차단막을 적용하여 운영하였으나, 해양 및 하천 환경에 대한 충분한 이해가 부족하여 약간의 바람이나 파도에도 단기간에 손상되며 기능적인 측면에서 실패를 경험하였다.

국가 차원의 중점추진과제 가운데 하나였던 해양 부유쓰레기 차단막 사용에 따른 문제점 분석 결과에 따르면, 국내에서 적용된 기술개발은 해양 및 하상 환경에 대한 고려 없이 하천에서의 부유물 차집 기능에만 초점을 두고 개발이 진행되었으며, 단순히 차단막의 장력 계산으로만 제품 설계를 완료하였다. 차단막에 요구되는 주요 성능은 해상, 하상 환경 하중 및 부유쓰레기에 의해 발생하는 하중에 저항하는 강도와 파도, 조류, 바람 등과 같은 해양환경에 대응한 위치 유지 안정성이다. 국내외의 초기 개발 제품군 대다수는 하중 저항성과 위치 유지 안정성에 대한 면밀한 검토 없이 제품을 개발하여 충분한 성능을 확보하지 못하고 있다.

태풍과 같은 기상악화로 인해 쓰레기 차단막에 요구되는 내구성을 충족시키지 못하여, 유실되거나 파손된 차단막 시설물은 그 자체로 해양 오염의 다른 원인이 되며 이로 인한 막대한 경제적·환경적 문제를 야기하고 있다(OSEAN, 2013).

그림 3. 기상악화로 차단기능 상실(한국종합환경연구소)



그림 4. 훼손으로 인한 폐기물 증가(한국종합환경연구소)



쓰레기 차단시설 현황

초기 차단시설의 문제점이었던 하중 저항성과 위치 유지 안정성 문제를 보완한 연구개발이 이루어지고 있다. 태풍 및 장마 기간 이후 육상으로부터 유입되는 대규모 부유쓰레기의 이동 및 운동 특성으로부터 발생하는 하중을 예측하고, 설치 위치에서 발생할 수 있는 환경 하중을 검토하여 하중 저항성을 충분히 확보할 수 있는 부유체의 형상을 설계하고 있다. 목표지점에서의 위치 유지 안정성은 계류선의 구성 및 형태, 앵커와의 연결지점 등과 관련된 계류계 설계를 통해서 충분히 확보할 수 있다. 부유체를 지지하는 계류계 설계는 부유체의 위치 유지 성능과 직결되기 때문에 다양한 하중을 고려하여 평가되어야 하며 최적화 작업이 필수적으로 수반되어야 한다.

특히, 해양플랜트 구조물, 플랫폼 설계 등에서 적용되는 앵커와 지반의 특성을 고려한 지반-구조물 상호작용(Soil-Structure Interaction) 해석기술은 부유체가 장시간 운용 시에도 목표지점에서의 위치를 유지하기 위한 필수적 수행

요소이다. 본 해석의 결과로 해저면에 설치되는 적절한 계류 앵커가 결정되고, 이를 통해 부유체를 계류할 때 필요한 장력을 얻게 되므로 앵커에 작용하는 하중을 예측하여 계류 앵커 설계에 반영하여야 한다.

국내의 경우 장마 및 태풍 등의 특성으로 7~9월에 부유물의 유출이 집중되는데, 최근 기록적으로 장마가 지속하고 있으며, 기록적인 폭우가 발생하고 있다. 극한 환경 조건에서도 환경 및 쓰레기 하중을 지지하고, 위치 유지 성능을 갖춰 장기간 운영 및 파손에 대한 안정성을 확보하는 것은 매우 중요한 문제로 고려되어야 한다. 차단막체는 유연한 형태로 구성되어 환경 및 쓰레기 하중을 저항하지 못하고 파손·유실되더라도 2차 피해에 대한 우려가 크지 않아야 한다. 부유체는 강체로 구성되어 있기에 차단막체와는 다른 관점에서 접근해야 한다. 부유체는 극한 상황에서도 반드시 정위지에서 유지될 수 있다는 신뢰도를 검증해야 한다. 극한 환경 조건에서는 환경 하중만으로도 큰 피해가 우려되기 때문에, 상류에서 유실된 부유체가 하류로 흘러가면서 2차, 3차로 이어지는 큰 위험을 초래하는 상황의 안전상의 우려를 불식시킬 필요성이 있다.

쓰레기 차단시설의 연구개발 방향

지금까지의 연구는 쓰레기 차단시설의 위치 유지 안정성과 하중에 대한 저항성과 같은 구조적인 안전성에 주안점을 두고 연구개발을 수행하였다. 이에 대한 성과로, 2020년 12월 시행 예정인 「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」에 근거한 하천관리청의 해양 유입 차단 의무와 더불어 부유쓰레기 수거명령제의 도입은 쓰레기 차단 시설의 중요성과 필요성에 대해서 다시 한번 인식하게 되는 계기가 되고 있다.

앞으로의 쓰레기 차단시설은 기존의 연구개발에서 한 발 나아가 기능성에 좀 더 중점을 두고 연구개발을 진행할 필요가 있다.

IoT 기반의 Smart Bin을 통해 쓰레기의 양을 모니터링하고 압축하여 도심 폐기물의 효율적인 관리와 최적의 수거

그림 5. Smart Waste Management System(Quamtra)



전략을 구축하는 Smart Waste Management System은 2009년도 도입된 Smart City의 핵심요소가 되고 있다.

도심의 Smart Waste Management System에서 착안하여 쓰레기 차단시설이 해상 Smart Bin의 역할을 할 수 있도록, 차집량에 대한 실시간 모니터링과 구조물의 안전성을 감지가 가능한 IoT 기반의 차단시설을 구축할 필요가 있다. 쓰레기 차단시설의 구조적인 안정성은 기본으로 확보하고, 원격 데이터 계속 및 관측용 모니터링 구축, 수거 및 이송체계를 구축한다면 해양 부유쓰레기에 대해 효율적이고 효과적인 관리를 실현할 수 있을 것이다.

깨끗한 해양환경을 생각하며

부유쓰레기 차단시설은 해양환경 문제를 해결하고 한층 개선된 해양환경을 만들고자 하는 사람들이 모여 생각해낸 아이디어 제품이다.

이제는 지속 가능한 해양자연환경에 대해 다시 한번 생각해 볼 시점이 아닌가 생각한다. 언제까지나 모든 것을 품어줄 수 있을 것만 같았던 해양자연환경은 어느새 쓰레기 섬, 미세 플라스틱과 같은 환경 문제를 떠안게 되었고, 인간에게 더는 그 한계를 시험하지 말 것을 요청하고 있다. 그러나 우리 인간은 여전히 해양생물과의 공존을 무시하고 자연생태계를 파괴하고 있다. 인간은 홀로 살아갈 수 없는 존재지만, 마치 대자연 속에서 홀로 살아갈 수 있는 존재인 양 행동하고 있다. 대자연과 공존하지 않으면 누구도 존재하지 못한다는 점을 항상 가슴에 새겨야만 한다. [sIT](#)

도시 생태환경의 기능 평가를 위한 3차원 공간정보의 취득과 활용

송영근 / 서울대학교 환경대학원 교수

도시의 3차원 공간정보는 다양한 생태환경의 기능을 도시의 여건에 맞게 추정하는 데 도움을 준다. 특히 우리 주변을 둘러싸고 있는 열섬, 집중호우, 미세먼지 등과 같은 재해요소에 따른 피해양상 추정이 가능해 향후 더 큰 재난피해를 줄이는 데 기여를 한다. 아울러 도시 생태 네트워크를 평가하는 경우에도, 도시 내 고립된 녹지패치나 코리더를 형성하는 녹지축의 생태적 연결성을 주변 인공 건조환경의 3차원적 위요도를 반영하여 평가할 수 있다.



다양한 플랫폼을 적용한 측량기술

대면적의 3차원 지상구조를 효율적으로 파악하고자 하는 것은 측량기술 분야의 고전적인 과제이다. 이를 위한 지형측량 기술로 등장한 LiDAR(Light Detection and Ranging)는 항공기에 탑재된 센서로부터 지형지물의 3차원적 형상을 넓은 지역에 걸쳐 레이저스캐닝 함으로써 우리가 일상에서 널리 활용하는 지형도와 같은 공간정보인프라를 보다 효율적으로 생산하는 데 기여해왔다. 이러한 측량기술이 최근에는 드론, 자동차, 보행자, 지상 고정지점 등 보다 지면에 가까운 다양한 플랫폼에 적용되면서 도시 3차원 공간정보의 혁신을 견인하고 있다.

초당 수십만~수백만 발의 레이저빔을 발산하고 타깃에 맞아 돌아오는 빛 신호의 시간 기록으로부터 타깃의 3차원적 위치를 역산하는 것이 LiDAR, 레이저스캐닝의 원리라고 할 수 있다. 그 정확도는 현장에서 수 센티 이내 까지 수렴시킬 수 있지만 센서나 플랫폼의 종류, 센싱 목적과 설정에 따라 달라진다. 피사체와 가까운 곳에서 고밀도로 스캐닝을 하면 정확한 3차원 형상을 얻어낼 수 있는 반면, 같은 양의 데이터가 담고 있는 촬영 범위는 좁아져 '대면적을 효율적으로' 측량하고자 하는 목적과 트레이드오프 관계가 발생한다. 또한 항공기든

드론이든 지상형이든, 센서가 장착된 플랫폼에서 레이저 빔이나 카메라 시야를 차단하는 물체가 있으면 소위 그림자효과가 발생하여 원하는 형상을 센싱하지 못할 때가 있어, 다각도에서 속속들이 보이도록 중복촬영 토록 하는 운용이 요구된다. 따라서 사전에 수용 가능한 정확도와 활용성을 고려하여 적절한 자료취득계획을 세울 필요가 있다.

예를 들어 수목 식재지를 모니터링하는 경우, 수관 내 대략적인 최고점으로부터 추정되는 수고를 알고 싶은 경우와, 수간의 굴곡 형상으로부터 cm 단위까지 추정해야 하는 흉고직경을 알고 싶은 경우, 주 타깃속성과 수용 가능한 정확도에 따라 LiDAR 촬영, 레이저스캐닝의 셋팅은 달라질 수 있다는 이야기이다. 국토지형 측량용으로 성기게 취득된 항공 LiDAR 자료를 보고 가로수 모니터링에 활용하기에는 한계가 있다거나, 반대로 지상고정형 고밀도 스캐닝을 통한 중요건축물 디지털 아카이브 자료를 보고 자료가 무거워 지역단위 적용이 어렵다거나 하는 판단들이 종종 있어왔다. 그러나 최근에는 목적과 여건에 맞게 다양한 센서와 플랫폼을 병용할 수 있게 되었기 때문에, 3차원 공간정보의 활용도는 대상에 따라 맞춤형으로 충분히 발굴할 수 있다.

그림 1. 지상 LiDAR로 수목을 착엽기와 낙엽기에 각각 촬영하면 광합성 기능에 기여하는 순수 엽량을 추정할 수 있다.

Terrestrial LiDAR-estimated canopy volume in different seasons

(*Zelkova serrata*)

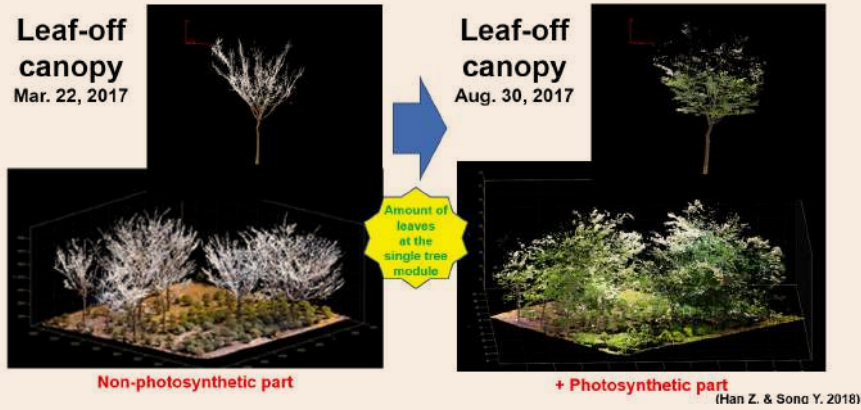


그림 2. 여의도 공원의 다양한 수림 유형별 LiDAR 촬영을 통해 3차원 수관구조를 측정하였고, 이는 공원의 미기후 추정과 평가에 활용되었다.

Microclimate zone mapping in the urban park based on Lidar-driven canopy structure

Impact of the Landscape Configuration on Seasonal Variation of Microclimate and Human Comfort in Yeouido Park, Seoul, Korea



(Li Y. et al., 2018)

3차원 정보를 파악하는 다양한 기술

특히 최근에는 LiDAR 센서의 가격하락과 경량화, 보급화에 따라 등장한 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 기술이 주목할만하다. 1kg 이내로 가벼우면서도, 레이저스캐닝과 동시에 촬영된 영상을 기반으로 센서의 이동경로를 인지하고 이에 따라 점군 자료를 3차원 공간 상에서 병합하는데, 그 정확도가 대폭 향상되었다. GPS 정보 없이 보행이나 차량탐재를 통해 높은 정합도의 3차원

공간정보를 손쉽게 얻을 수 있다는 점은 큰 메리트가 아닐 수 없다. 실내, 터널, 지하공간, 인공구조물로 위요된 도시공간, 울창한 산림과 같은 GPS의 사각지대도, SLAM을 통해 손쉽게 3차원 정보가 구축될 수 있게 되었다.

LiDAR, 레이저스캐닝만이 3차원적 지형지물의 형상을 파악하기 위한 유일한 기술은 물론 아니다. 2차원 영상도 촬영각도가 달라지면 3차원 형상정보를 생성할 수 있기 때문이다. 이렇게 서로 다른 위치에서 촬영된 피사체의

그림 3. 도시 생태네트워크(연결성) 평가 시, 2차원 평면 상에서가 아닌 3차원 입체 상에서의 녹지/건축물 구조를 반영하게 됨으로써 높은 수고 대경목 패치의 중요성이 드러났다.

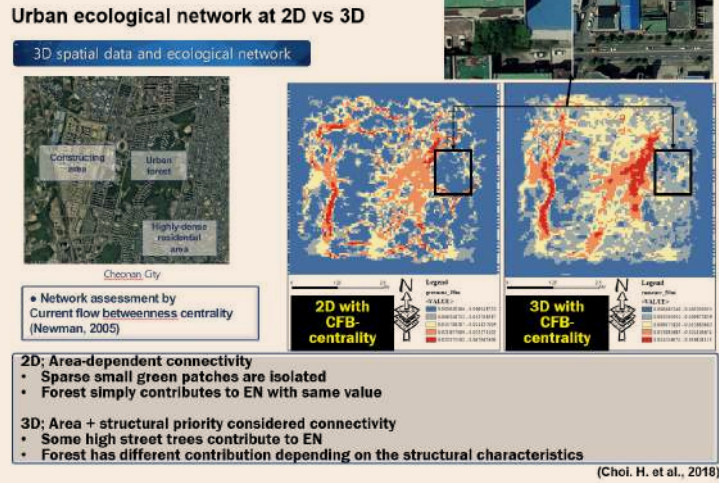
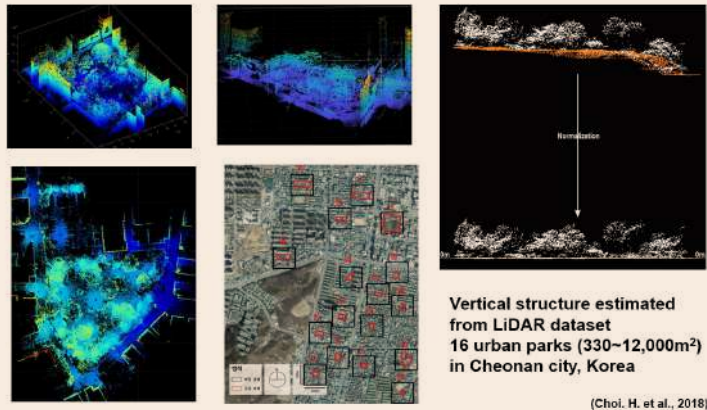


그림 4. 도시 내 녹지패치의 3차원 수관구조는 조류 종다양성과 관계가 있음이 여러 연구에서 밝혀진 바 있다. 천안시 도시공원에 대한 유사연구 사례.

Vertical canopy structure and avian biodiversity in the city



기하학적 형상의 차이로부터 3차원 정보를 파악하는 스테레오 기법은 이미 항공사진측량에서 널리 활용되어 온 기술이다. 이 역시 드론과 같이 지면과 가까우면서 운용이 자유로운 플랫폼에서 활용되면서, 보다 커스터마이징 된 시공간 스케일에서 내가 원하는 3차원 지형지물의 정보를 생성해내는 것이 용이해지고 있다. 드론이 이동하면서 촬영한 연속 영상에 피사체 상 동일지점(control point)을 탐지하여 그 기하학적 변화로부터 3차원 좌표를 할당하게

됨으로써, LiDAR에서 스캔한 것과 동일 유형의 점군(point cloud)으로 된 형상정보를 생성해내게 된다. 마찬가지로 드론 기기의 종류나 촬영조건 등에 따라 자료의 질은 차이가 난다. 고사양 영상을 지면과 가까운 곳에서 촘촘히 다량 촬영하면 LiDAR로 스캔된 이미지와 정확도 차이가 없는 3차원 형상이 추출될테지만, 동시에 비행시간이나 커버하는 면적은 제한되어 트레이드오프 관계가 발생한다. 따라서 이 역시 수용가능한 정확도와 활용성을 고려하여

적절한 계획을 세워 운용함으로써, 목적에 맞는 가능성을 발굴할 필요가 있다.

3차원적 공간구조의 변화

이렇게 구축된 3차원 공간정보는 시민들이 기대하는 다양한 도시의 기능을 평가하고 개선해 나가기 위한 기초자료로써 널리 활용될 수 있다. 생태환경과 관련된 응용분야에 한하더라도, 단목 단위의 수목에 대한 정보에서부터 공원, 녹지와 도시지역 스케일까지 다양한 스케일에서 3차원 공간정보의 활용이 기대된다. 앞서 예로 들은 수목의 수고나 흉고직경, 수관크기, 나아가 수림지역의 3차원적 수직구조 추정은 이미 20년 이상 연구되고 있는 LiDAR 측량분야의 고전적인 응용영역이다. 기존의 산림 원격탐사에서 활용되던 이러한 추정기술들이, 인공 구조물과 자연환경이 복잡하고 이질적으로 섞인 모자이크 상을 이루고 있는 도시의 생태환경으로 넘어오면서, 도시에 맞는 정확도와 활용성을 고려한 기법으로의 전이 활발히 진행되고 있다.

도시의 3차원 공간정보는 다양한 생태환경의 기능을 도시의 여건에 맞게 추정하는 데 활용된다. 열섬, 집중호우, 미세먼지 등과 같은 재해요소에 따른 피해양상을 추정하거나, 탄소흡수, 바람길, 생물다양성 증진 등 기능을 평가하는 경우, 실제로 가까운 도시의 자연 및 인공구조물의 3차원적 입력자료를 활용하게 됨으로써, 보다 정확한 모의가 가능하게 된다. 도시 생태 네트워크를 평가하는 경우에도, 도시 내 고립된 녹지패치나 코리더를 형성하는 녹지축의 생태적 연결성을 주변 인공 건조환경의 3차원적 위요도를 반영하여 평가해볼 수 있다. 주변 공간이 위압적인 고층밀집 건물군으로 둘러싸인 녹지패치는 저층 주거지에 위요된 것에 비해 고립도가 더 높다. 같은 면적의 녹지축도 수고나 수관부피에 따라 생태적 연결성에 기여하는 바가 달라진다. 실제 평면상에서 보았을 때에는 같은 녹지면적으로 보이지만, 3차원 공간정보를 더함으로써 조성년수가 오래되고 수고가 높고 아름답기 풍성한 볼륨을 가지는, 생태네트워크에 기여도가 높은 도시내 수림대도 도출할 수 있다.

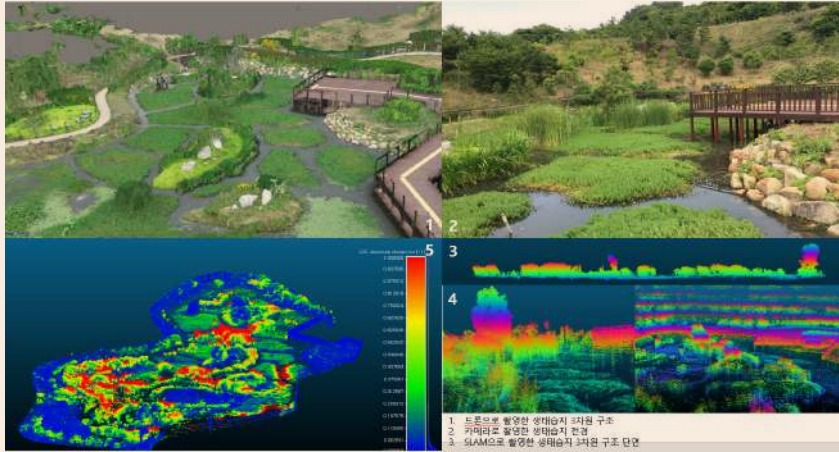
그림 5. 도시에 조성가능한 다양한 녹지유형(가로수 식재, 건물주변 식재, 공공공지 식재, 벽면녹화, 옥상녹화) 역시 3차원 상에서 시뮬레이션됨으로써 도입 시나리오에 따른 열쾌적성 개선 효과를 추정해볼 수 있다.



출처: 김동현(2020), 유한형 도시 녹지 도입에 따른 도시기 계층 고밀 시군구의 열 쾌적성 변화량 추정

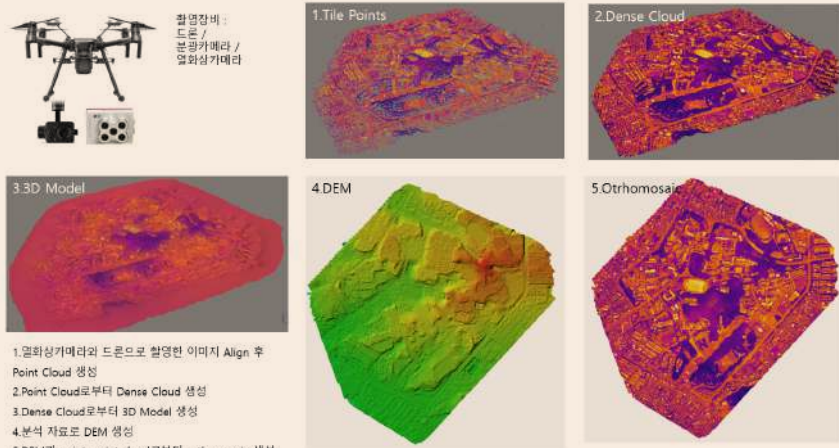
3차원 공간기반 열 쾌적성 평가 지표(Universal Thermal Climate Index, UTCI) 개선방안 시뮬레이션

그림 6. 고가의 LiDAR 만이 3차원 공간정보를 생성하기 위한 유일한 기법만은 아니다. 드론 기반 3차원 모델을 활용하여 습지의 3차원 식생구조 변화를 모니터링 한다.



드론, SLAM LiDAR를 활용한 생태습지 식생구조 3차원 변화 모니터링(부산 이기대 자연마당 내 생태습지)

그림 7. 열화상까지 촬영가능한 드론을 활용하여 도시의 3차원 열구조를 추정해볼 수 있다.



열화상 드론을 활용한 3차원 공간정보 생성

도시 규모에서의 디지털트윈 역시 LiDAR나 드론을 활용한 3차원 공간정보 구축기술이 기초가 될 터이다. 비단 생태환경과 관련된 분야 이외에도 모빌리티, 보건, 방재, 건축 등 공간 관련 분야의 취약성 평가나 신기술 적용이 사전에 디지털트윈 상에서 모의됨으로써 혁신적으로 도시문제를 해결할 것으로 기대된다. 이때에도 실제에 가까운 3차원 공간정보가 필요하게 되며 이를 가능케 하는

것은 다양한 플랫폼에서 전개될 LiDAR, 레이저스캐닝 기술이다. 또한 단번의 취득으로 끝나는 것이 아니라 시간을 두고 다양한 계절이나 경년에 걸쳐 취득함으로써 3차원적 공간구조 변화를 추적해가는 것 역시 이전에 없었던 무한한 활용 가능성을 시사한다. 공간정보 인프라에 대한 중요성과 활용도가 성큼 높아진 만큼, 이 기술을 도시 차원에서 적극 도입할 때가 아닌가 한다. [SIT](#)

NEW TECHNOLOGY + 03

쾌적하고 건강한 실내환경을 위해

김정훈 / 국립환경과학원 생활환경연구과 연구사

현대인들은 생활환경 중 실내에서 보내는 시간이 하루 중 90% 이상이기 때문에 실내환경이 건강에 큰 영향을 줄 수 있다. 또한 건물의 에너지 절감 및 효율을 높이기 위해 기밀성이 높아졌고, 다양한 화학 물질을 포함하고 있는 건축자재의 사용으로 인해 ‘빌딩증후군’, ‘새집증후군’과 같은 증상이 발생하게 되어 실내공기질에 대한 사회적 관심이 대두되고 있다.



1. 실내공기질관리법

국립환경과학원 생활환경연구과는 생활환경 중 오염원에 따라 관련 법령이 다양하다. 그 중 「실내공기질관리법」은 생활환경연구과에서 수행하는 업무와 가장 관련 있다. 「실내공기질관리법」은 1996년 「지하생활공간 공기질 관리법」 제정으로 시작되어 2003년 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」으로 개정되었고 다중이용시설의 적용 범위 확대, 대중교통차량의 실내공기질 관리 등이 포함되는 등 여러 차례 개정이 되었다.¹⁾ 2016년 12월 23일부터 「실내공기질관리법」으로 법명이 바뀌었으며 다중이용시설, 신축공동주택, 대중교통차량, 건축자재의 실내공기질을 알맞게 유지하고 관리하도록 하고 있다.

환경부는 정부 차원의 중장기적인 실내공기질 관리정책 추진 방향을 제시하기 위해 환경부, 국토교통부, 교육부, 보건복지부 등 관계부처가 합동으로 「실내공기질 관리 기본 계획」을 5년마다 수립하고 있다. 2004년 1차 실내공기질 관리 기본계획을 시작으로 현재 제4차 실내공기질 관리 기본계획(‘20~’24)을 수립했다. 제4차 기본계획에 포함된 주요 과제는 첫째, 다중이용시설 공기질 관리수준 향상, 둘째, 쾌적한 대중교통 이용환경 조성, 셋째, 공동주택 거주환경 개선, 넷째, 관리기반 강화로 2024년 실내 공기질 관리준수율 100% 달성을 목표로 하고 있다.²⁾

국립환경과학원 생활환경연구과에서는 이러한 목표를 달성할 수 있도록 다양한 정책지원 연구를 수행하고 있다.

2. 국립환경과학원 생활환경연구과

생활환경연구과는 실내공기질, 석면, 라돈 등 분야별 각 팀에서 관련 오염원(유해 인자)에 대한 관리방안 및 저감 기법에 대한 연구를 수행하고 있다.

다양한 조사와 연구를 통해 실내공기질 유지 및 권고 기준을 마련하거나 공정시험기준을 제·개정하는 등 관련 정책에 대한 지원 업무를 수행하고 있다. 또한 국민들에게 올바른 정보가 전달될 수 있도록 생활환경종합정보센터 홈페이지 운영(<http://iaqinfo.nier.go.kr>) 및 안내문(매뉴얼)을 발간하고 있다. 본 고에서는 「실내공기질관리법」 관련 업무 위주로 소개하겠다.

그림 1. 국립환경과학원 생활환경연구과 업무 분야



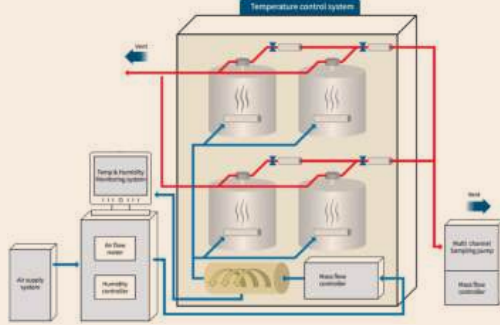
그림 2. TD-GC/MS 및 휘발성유기화합물의 크레마토그램



그림 3. 건축자재 방출시험 준비



그림 4. 건축자재 방출시험 구성도(소형챔버시스템)



2.1. 실내공기질

실내공기질 팀에서 수행하는 업무 중 실내공기질 분야는 다양한 실내 환경에서 실내공기 오염물질과 환경영향 인자와의 상관성을 규명하고 대상시설에 대한 관리방안을 제시하는 것을 목표로 한다. 다중이용시설, 신축공동주택, 대중교통차량을 대상으로 조사연구를 통해 실내공기질 관리방안 및 공정시험기준 개정 등의 업무를 수행하고 있다.

최근에는 「실내공기질관리법」의 개정(20.4.3 시행)으로 대중교통차량의 실내공기질 측정이 의무화됨에 따라 실내공기오염물질을 측정하기 위한 미세먼지와 이산화탄소의 시료 채취 및 측정 방법, 시료의 분석 및 평가 등에 대한 방법을 제안하였다.

실내공기질을 개선하기 위해 실내공기 오염원을 제거하거나 저감하는 것이 매우 중요하다. 실내공기질 팀에서는 새집증후군 원인 물질을 다량 배출하는 건축자재(벽지, 페인트, 바닥재, 실란트, 접착제, 퍼티, 목질판상제품)의 실내공기 오염물질 방출량을 평가함으로써 건축자재 오염물질 방출기준 적합 여부 확인 및 사후관리 업무를 수행하고 있다. 또한 건축자재 사전적합제도를 위한 건축자재 시험기관 숙련도 평가 및 교육을 하고 있다.

실내공기질 관련 다양한 연구조사와 더불어 법정업무를 수행하고 있다. 실내공기질 팀에서 수행하는 법정업무로는 실내공기질 공정시험기준 재·개정, 실내공기질 분야 표준(ISO 및 KS) 제·개정, 실내공기질 시료 채취기 및 연속자동측정기 형식승인, 다중이용시설 실내공기질

자동측정망 운영 업무를 하고 있다. 실내공기질 국가 자동측정망의 경우 주요 다중이용시설 시설군(20년 기준, 전국 지하역사 등 17개 시설, 35개 지점, 74대 측정기기)에 설치하여 미세먼지 등의 오염물질을 실시간으로 측정하고 있으며 실내공기질 팀에서는 국가 자동측정망 설치 대상시설 및 지점 선정, 측정 자료의 최종 확정 업무를 하고 있다. 그 외 실내공기질 산업 관련 종사자들이 업무를 원활히 수행할 수 있도록 국립환경인재개발원에서 매년 개설되는 법정교육인 실내공기질 측정분석요원과정의 교육을 담당하고 있다.

향후 실내공기질 팀은 법정관리 대상뿐만 아니라 나노입자와 같은 미규제 오염물질들에 대해서 사전조사를 수행하는 등 실내공기질 관련 정책지원과 조사연구를 통해 국민들의 건강보호와 실내공기질 관리 선진화를 위해 노력할 것이다.

2.2. 석면

석면 팀에서는 석면의 안전한 관리를 위해 자연발생석면, 석면광산, 석면 건축물 해체제거 등 석면 노출과 관리 관련 연구를 하고 있다. 석면은 기존 「실내공기질관리법」에 의해 석면 농도 실내공기질 권고기준이 설정되어 있었으나 2018년 1월 1일부터 「석면안전관리법」으로 일원화되어 더욱 안전하고 체계적으로 관리하고 있다.

석면 관련 법정업무로는 석면환경센터 정도관리를 위한 시료 제작 및 평가를 하고 있다. 석면환경센터는

그림 5. 투과전자현미경을 이용한 석면 분석

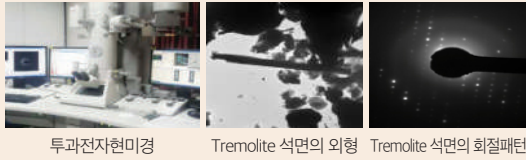


그림 7. 전국 실내 라돈지도



석면의 체계적 관리, 피해 예방, 폐석면 안전한 처리 등을 위한 관련 사업을 추진하고 있으며 전국 7개 기관이 지정되어 있다. 또한 석면 팀에서는 시·도 보건환경연구원 및 유역지방환경청을 대상으로 정확하고 일관된 분석을 할 수 있도록 석면 분석 교육을 하고 있다. 최근에는 자연발생석면의 분포 가능 지역에 대해 매질별 조사 방법, 석면의 인체 위해성 평가 등 영향조사를 위한 세부지침 마련을 위한 연구를 수행하고 있다.

2.3. 라돈

라돈 팀에서는 라돈 발생원 평가 및 공간적 분포 특성 연구, 전국 주택 및 다중이용시설에 대한 라돈 조사를 통한 라돈지도 작성 관련 연구 사업을 하고 있다.

또한, 실내 라돈 정밀조사 연구로서, 계절, 주택 유형, 생활패턴, 지질 등 주변 환경인자와의 관계 분석을 통하여 라돈 분포자료 확보 및 지자체 관리계획 수립을 지원하고 있다. 이와 더불어 최근에는 실내, 토양 등 라돈 측정자료 및 유관자료(지질, 지화학 등) 간 상관관계 연구를 통해 라돈 노출 관련 연구를 수행하고 있다.

3. 대국민 정보제공

국민들에게 건강하고 쾌적한 생활환경을 조성할 수 있는 정보를 제공하기 위해 생활환경정보센터(<http://iaqinfo.nier.go.kr>)를 운영하고 있다. 생활환경정보센터는

그림 6. 자연발생석면 영향조사 세부지침 마련 연구



그림 8. 실내공기질 측정 및 관리 관련 안내문



실내공기질, 석면, 라돈, 소음, 빛공해 등 관련 분야에 대한 측정 방법, 학술정보, 교육 등에 대한 정보를 제공하고 있다. 또한 국민들에게 객관적이고 정확한 정보제공을 위해 연구 결과를 바탕으로 소책자 형식의 안내문을 만들어 배포하고 있다. 안내문이 제작되면 시·군·구 등 지자체 관련 부서에 자료를 배포하여 국민들에게 정보를 제공하도록 하고 있다. 또한 생활환경정보센터 홈페이지에서 누구나 전자문서로 자료를 받을 수 있다. 안내문은 주로 생활환경 내 실내공기오염의 발생원, 건강 영향, 저감 방법 등의 내용으로 구성되어 있다. 최근에는 미세먼지 및 라돈 간이측정기에 대한 간략한 측정원리와 측정 결과의 이해를 돕도록 안내문이 제작되어 배포되었다.

4. 나오며

지금까지 국립환경과학원 생활환경연구과의 실내공기질 관련 다양한 업무를 살펴보았다. 최근 측정 및 분석 기술이 빠르게 발전되고 있기 때문에 생활환경연구과의 각 분야에 따라 머신러닝, IoT 기반 측정 등 효율적이고 다양한 접근법을 적용할 수 있으리라 기대된다. 지속적으로 실내공기질 미규제 물질에 대한 모니터링과 실내공기질 관리 사각지대를 해소하여 국민의 삶의 질 향상을 위해 최선을 다할 것이다.

참고문헌

- 1) 환경부 보도자료, 2016 실내공기질 관리법 전면 시행...실내 오염원 관리 강화
- 2) 환경부 보도자료, 2020 안심하고 머물 수 있는 실내환경 만든다

기후변화에 따른 수자원 환경 분야 딥러닝 기술 활용사례

이태삼 / 경상대학교 토목공학과 교수

인공신경망을 활용한 딥러닝 기술은 4차산업혁명과 빅데이터 시대에 다른 머신러닝 알고리즘에 비하여 규모가 크고, 복잡한 문제에서 성능이 월등히 좋다는 장점을 가지고 있어 그 활용도가 높아지고 있다. 아울러 전 세계가 기후변화로 인하여 인간생활 및 환경에 다양한 문제를 겪고 있는 만큼 CO₂ 감축과 기후변화 적응을 위한 여러 분야에서도 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구를 발판으로 수문 및 환경분야 연구에 획기적인 발전을 이룰 수 있을 것으로 기대한다.



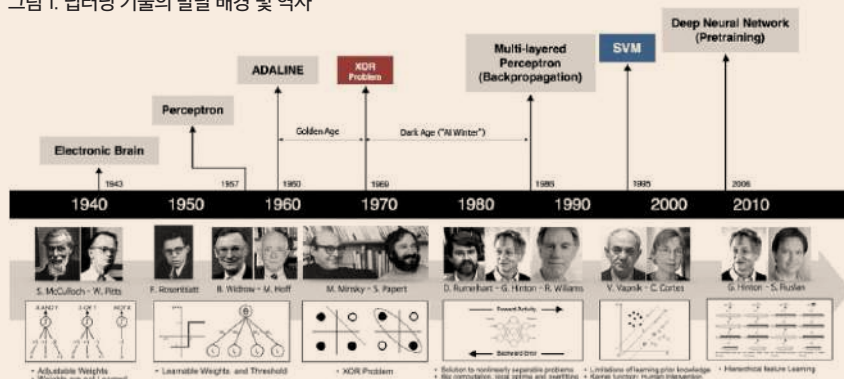
1. 들어가며

인공신경망(Artificial Neural Network, ANN) 기법은 1943년 신경생리학자인 Warren McCulloch와 수학자인 Walter Pitts가 처음 소개하였으며, 내부 구조가 없는 명제에 논리합이나 부정 따위의 논리 연산을 가하여 구성한 명제들을 다루는 논리체계를 사용하여 동물의 뇌의 생물학적 뉴런이 복잡한 계산을 어떻게 하는지에 대하여 간단한 계산 모형을 제시하였다. 1960년대까지는 이렇게 등장한 인공 신경망을 통해 사람들은 지능을 가진 기계와 대화를 나눌 수 있을 것이라고 기대하였으나, 인공신경망을 통한 XOR 문제를 해결할 수 없게 되었고, 1990년대에는

기계학습 분야에 대표적인 SVM(Support Vector Machine)과 성능이 좋은 다른 머신러닝 알고리즘들이 나오게 되면서 인공신경망의 활용 빈도는 낮아졌다. 하지만 2000년대 들어서면서 컴퓨터에 의한 연산속도 증가는 인공신경망 연구분야의 발전을 부추겼고, 2012년 ILSVRC2012 대회에서 인공신경망을 활용한 딥러닝 기술이 압도적으로 우승하는 결과도 가져와 다시금 주목받게 되었다<그림 1>.

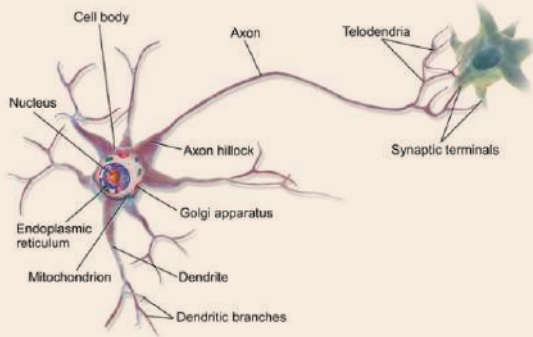
최근 이러한 인공신경망을 활용한 딥러닝 기술은 4차산업혁명의 발달과 빅데이터(Big Data) 시대에 신경망을 학습하기 위한 데이터의 양이 많아졌고, 다른 머신러닝 알고리즘에 비하여 규모가 크고 복잡한 문제에서 성능이

그림 1. 딥러닝 기술의 발달 배경 및 역사



출처: Deep Learning 101-Part 1: History and background

그림 2. 생물학적 뉴런의 구조



출처: wikipedia

월등히 좋다는 장점으로 그 활용도가 높아지고 있다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 1990년대 이후 크게 발전된 컴퓨터의 Matrix 연산 속도와 고성능 그래픽처리장치(Graphics Processing Unit, GPU)로 인하여 상대적으로 짧은 시간 안에 대규모의 인공신경망 학습을 가능케 하고 있다.

생물학적으로 뉴런은 인간의 두뇌에서 볼 수 있는 세포로써 핵(Nucleus)을 포함하는 세포체(cell body)와 그 구성요소로 이루어져 있다 <그림 2>. 인공신경망 모형은 이런 생물학적 뉴런의 형태와 기작을 기반으로 만들어졌으며, 기본적으로 훈련(Training) 데이터를 바탕으로 학습(Learnig)을 끝마쳐서 가중치의 균형을 맞추 후 추론된 목표값을 찾게 된다.

2. 인공신경망 활용 딥러닝 기술

2.1 인공신경망 모형

심층 학습을 뜻하는 딥러닝은 자료의 차원들이 많을 때, 차원의 변동이 있을 때에 학습이 어렵다는 인공신경망의 한계를 극복하기 위해 제안된 기계학습 방법으로, 뇌세포 뉴런의 동작과 같이 영상인식, 음성인식, 자연언어를 이용하여 데이터를 스스로 분석하고 처리한다. 신경망을 통해 입력 값(input data)에 대한 가중치(weight) 신호를 주어 정보를 전달하는 머신러닝 방법이라면 어떠한 접근 방법이든 ‘딥러닝’이라고 할 수 있지만, 일반적으로 딥러닝 기법은

데이터의 계층적인 표현을 학습하는 다층 레이어(Layer)를 사용한다. 가장 많이 사용되는 모델로는 입력층(input layer)과 출력층(output layer) 사이에 여러 개의 은닉층(hidden layer)이 존재하는 심층신경망(Deep Neural Network, DNN), 동물의 시각 피질의 구조와 유사하게 뉴런 사이의 연결 패턴을 형성하는 컨볼루션 신경망(Convolutional Neural Network, CNN), 시간에 따라 매 순간 신경망을 쌓아올리는 재귀(순환)신경망(Recursive Neural Network, RNN), 입력 집합에 대한 확률 분포를 학습할 수 있는 제한 볼츠만 머신(Restricted Boltzmann Machine, RBM) 등이 있다. 이렇게 다양한 딥러닝 모델들은 지도 학습을 위한 강력한 틀을 제시한다. 레이어 층을 점차 추가할수록 그리고 각 레이어에 더 많은 단위를 집어넣을수록, 딥러닝 모델은 더 복잡한 함수들을 표현할 수 있다 <그림 3>.

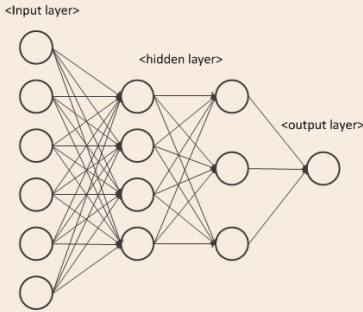
2.2 딥러닝 기반 장단기 기억 모형(LSTM)

딥러닝 기반 장단기 기억 모형(Long Short-Term Memory, LSTM)은 자기 루프(self-loop) 경로를 통하여 기울기가 오랜 기간 흐를 수 있는 통로를 만들어 RNN에서 발생하는 기울기 소실 문제를 해결하였다. 즉 자기 루프 연결에 순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN) 모형과 같이 가중치를 고정하는 것이 아니라 연결 가중치들을 직접 지정하거나 매개변수로 두어 학습함으로써 가중치들이 시간 단계마다 변할 수 있게 하였다. 이처럼 자기 연결 루프의 가중치를 조건화하면, 다른 어떤 은닉단위가 게이트 역할을 하여 가중치를 제어하게 만들며 시간 축적이 유동적으로 변하게 할 수 있다. 이를 통해 필기인식, 음성인식, 기계 번역, 이미지 분석 등 여러 응용분야에서 좋은 성과를 나타내었다. <그림 4>는 LSTM 순환 신경망의 구조를 나타낸다.

3. 수자원 분야 딥러닝 기술의 활용

수자원 분야에도 인공신경망을 활용한 딥러닝 기술은 유역에 내리는 강우를 예측하고, 하천에 유입되는 유량과 수위를 예측하는 등 다양한 분야에서 오래전부터 연구되어

그림 3. 인공신경망 모형의 기본 구조

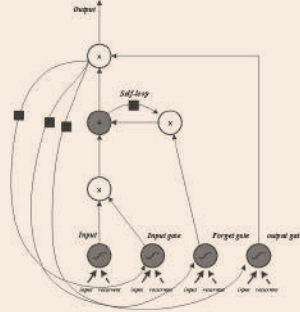


오던 개념적인 학문 분야 중 하나였다. 그러나 최근 AI, Big Data, 자료동화(Data Assimilation) 기술의 발달로 딥러닝 기법 이용한 수문·기상 예측 관련 연구가 보다 활발히 진행되는 계기가 되고 있다. 그중에서도 장단기 기억 모형(LSTM) 모형을 통한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 유용성과 활용도 측면에서 검증이 이루어진 기법 중 하나이다.

3.1 수문기상분야 기후예측

우리나라에 영향을 주는 기후인자인 Pacific Decadal Oscillation(PDO)를 LSTM에 적용하여 LSTM의 은닉층들이 각각에 유의미한 특성을 나타내고 있으며 서로 다른 특징들을 분리해 낼 수 있다. 예를 들어, <그림 5>에서 2번과 3번의 은닉노드는 강한 positive phase의 상황에 예민하게 반응하고 4번의 은닉노드는 negative phase에서 영향을 잘 나타내준다는 것을 보여주었다. 또한 은닉노드를 증가시킬수록 어느 정도 한계까지 은닉노드 간의 상관성이 감소하며 이는 각각의 은닉노드가 자료의 특성을 분리해 내면서 타은닉노드와 분리되는 경향이 있음을 보여주고 있다. 더불어, 적절한 은닉노드의 개수가 증가할 경우 더 이상 은닉노드간의 상관성이 변화하지 않는 특징을 갖는다는 것을 알 수 있다. 연구를 통해 딥러닝 안에서의 알고리즘을 블랙박스라 취급하지 말고 내용의 특성을 이해해야만 후에 보다 발전된 방향의 알고리즘이 개발될 수 있으며, 이를 통해 기후예측 및 기후환경분야 적용성을 더욱 확대해 나갈 필요가 있다.

그림 4. LSTM 모형의 기본 구조



3.2 위성영상 정보 자료동화

<그림 6>은 자료동화(Data Assimilation) 기법을 이용한 증발산량 및 엽면적지수(Leaf Area Index, LAI) 산정결과이다. 특히 자료동화에서는 지표면 온도와 LAI를 인공위성자료에 사용하여 동적동화시켜 증발산 및 Gross Primary Productivity(GPP)를 산정하는데 사용하였다. <그림 6>에서와 같이 LAI는 증발산의 모형 중 neural heat transfer coefficient인 C_{HN} 과 매우 큰 상관성이 있음을 보여주고 있어 이러한 상관성을 자료동화 처리하여 증발산량을 추정하게 된다. 특히 자료동화의 경우 관측치의 오차도 함께 고려할 수 있어 인공위성 자료에서 오는 오차를 모델에서 함께 고려하는 것이 가능하므로 인공위성 및 레이더 자료를 이용한 모델구축에 자료동화가 매우 유용한 것으로 나타났다. 현재 자료동화과정에서 다양한 매개변수들을 먼저 추정해야 하는데 이를 인공신경망 및

그림 5. LSTM을 이용한 PDO의 은닉시계열 분석결과

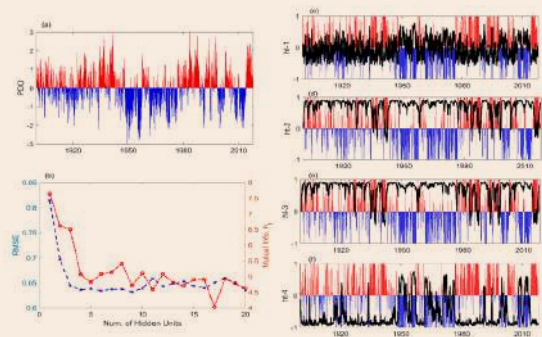
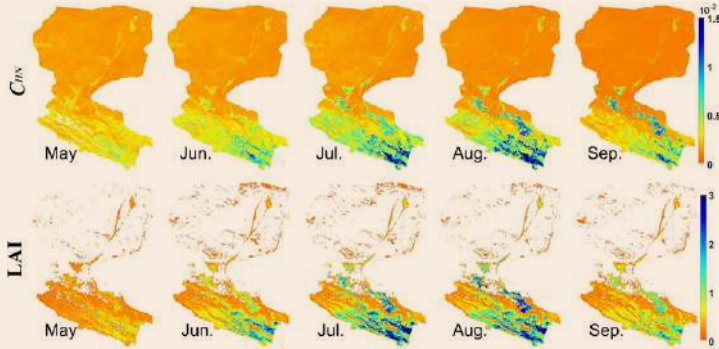


그림 6. 자료동화 기법을 이용하여 산정한 C_{inv} 과 옆면적지수(LAI)



최적화 알고리즘을 함께 사용하여 분석할 필요가 있으며, 자료동화에 대해 인공위성들의 불확실한 자료가 직접 들어오는 상황에서 이를 활용하여 모델에서 결괏값을 추출할 때 적분에 필요한 자료들이 자료동화를 통해서 계산됨에 따라 딥러닝 등의 인공지능경망모형과 결합 시 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

3.3 기후변화 시나리오 분석

최근 기후변화연구 분야에서는 새롭게 제시된 Coupled Model Intercomparison Project Phase 6(CMIP6) 기반의 전 지구 기후모형(Global Climate Model, GCM)을 통해 추출된 시나리오 자료를 활용하고 있으며, 이러한 자료들이 기존의 기후변화자료들과 어떤 차이가 있는지, 기온과 강수량 등 기후관련 변수들을 기반으로 연구가 활발히 수행되고 있다. <그림 7>은 관측자료 및 기존 CMIP5 기후변화 시나리오 자료, 그리고 CMIP6 자료를 통하여 추출한 일 최대 강우량에 대한 다중모델앙상블(Multi Model Ensemble, MME) 결과를 비교한 것이다. 공간적인 부분에 대해서 CMIP6가 기존의 기후변화 자료들과 상당한 연관성이 존재함을 확인하였으며, CMIP6는 CMIP5와 매우 유사한 공간분포 패턴을 보여주었다. 또한, 우리나라 연최대 강우량과 비교 시에도 관측기간(1976~2005년)동안 상세화된 자료가 매우 유사하게 모의되었다. 향후 수자원 환경 분야 적응계획 수립과 기후변화 영향 평가를 위하여 상세화된

시나리오 자료가 필요하므로, 다양한 딥러닝 모델들을 활용한 시공간적 상세화 알고리즘 개발과 인공위성이나 레이더 자료를 융합한 고해상도 공간상세화 연구가 수행될 필요성이 있다.

3.4 태풍 진로 예측

<그림 8>은 최근 57년(1961~2017년) 사이에 북서태평양(Western North Pacific, WNP) 지역에서 발생한 태풍의

그림 7. 연최대일강우량의 차이(관측치: 좌, CMIP5: 중앙, CMIP6: 우)

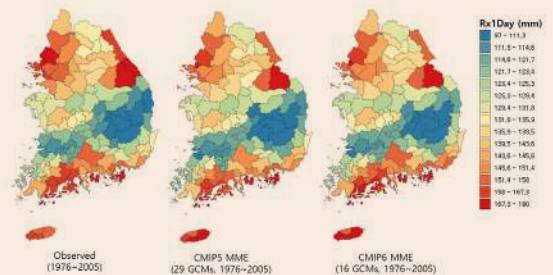
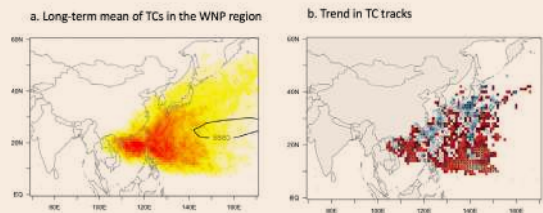


그림 8. 북서태평양 지역에서 발생한 태풍의 진로와 강도 변화 (1961-2017년 평균)

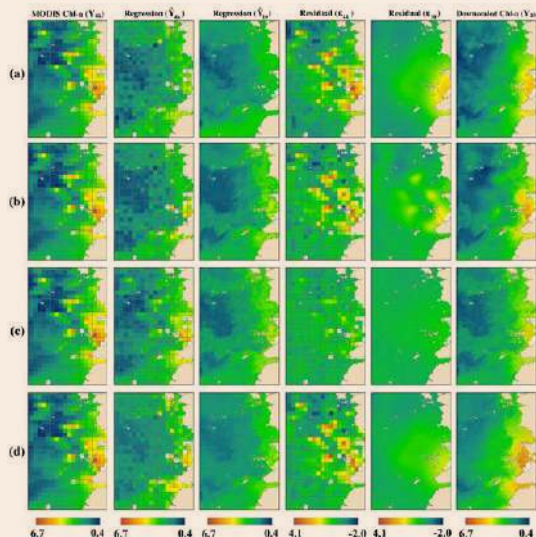


진로와 강도 변화를 비정상성 통계분석을 통하여 도출된 결과를 나타내고 있다. 분석결과 북서태평양지역 태풍 사상들이 점차 북쪽으로 치우쳐 발생하는 경향이 나타났으며, 태풍의 진로 자체 또한 북쪽으로 상당 부분 옮겨지고 있는 것으로 나타났다. 특히 이러한 경향들이 동중국해와 남중국해 연안 쪽에서 많이 발생하였다. 이러한 최근 변화된 태풍사상의 진로와 강도변화가 아시아지역 몬순에 직접적인 영향을 줄 수 있으며, 집중호우사상과 극한강우 발생 패턴변화가 있음을 비정상성 빈도분석을 통하여 확인하였다. 향후 딥러닝 기법을 이용한 통계 모형을 개발하여 태풍의 발생 위치, 진로, 강도 예측을 통한 극한 강우 사상의 발생 패턴을 미리 전망한다면 우리나라 수자원관리 및 수재해 예방에 도움이 될 것이다.

3.5 환경관련 주요 변수 공간상세화

<그림 9>는 국내 서해 쪽의 Chrolophyll-a에 대한 MODIS자료를 보다 상세화된 Sentinel 위성자료의 해상도로 공간상세화하는 과정을 보여주고 있다. 대표적인 환경관련

그림 9. 우리나라 여름철 서해안 지역 Chrolophyll-a 관측 위성영상 자료 상세화 과정(2016. 8. 4.)



(a) 2nd degree MPR, (b) 3rd degree MPR, (c) 4th degree MPR, and (d) GP

인자인 Chrolophyll-a를 관측한 격자단위 위성자료로부터 딥러닝 및 Heuristic Algorithm을 적용하여 공간적으로 상세화하였다. 기존에 사용되는 선형조합의 방법들과 유전프로그래밍을 이용한 공간상세화 과정을 보여주고 있다. 유전프로그래밍을 이용한 방법은 기존의 선형적 조합을 이용한 공간 상세화보다 훨씬 좋은 결과를 보여주었고 이러한 성능은 유전프로그래밍이 가지는 비선형식의 유연성에서 기인한다는 것을 확인할 수 있다. 향후 공간적으로 세밀한 자료가 필요한 우리나라 해안에 대한 환경분석을 통해 어장관리 및 피해방지에 주요한 정보들을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 마치며

최근 이러한 인공지능광을 활용한 딥러닝 기술은 4차 산업혁명의 발달과 빅데이터 시대에 신경망을 학습하기 위한 데이터의 양이 많아졌고, 다른 머신러닝 알고리즘에 비하여 규모가 크고 복잡한 문제에서 성능이 월등히 좋다는 장점으로 다양한 분야에서 그 활용도가 높아지고 있다.

산업혁명 이후 화석연료의 사용 증가와 인간활동에 의하여 전 세계는 기후변화로 인하여 인간생활 및 환경에 다양한 문제점이 발생하고 있으며, CO₂ 감축과 기후변화 적응을 위한 여러 분야에서 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 기고에서는 지구환경 변화에 대비한 연구 중 가장 크게 관심을 받고 있는 기후환경변화 분야의 자료동화와 딥러닝에 관련된 연구에 대한 주요 적용사례를 살펴보고 앞으로의 연구방향에 대하여 논의하였다.

본 연구사례를 통하여 각국에서 수문 및 수자원 환경분야에서도 최근 각광받고 있는 자료동화 및 딥러닝의 다양한 기술이 개발되고 있으며 관련 연구가 수행되고 있음을 확인하였다. 향후 이러한 연구는 인공위성 등 다양한 입력자료의 증가, 컴퓨터 연산속도의 증가 및 새로운 알고리즘의 발전을 통해 수문 및 환경분야 연구에 획기적인 발전을 이룰 수 있을 것으로 기대한다. [SIT](#)

NEW TECHNOLOGY + 05

IoT 기반 재실자 중심의 최적 환기시스템 운전 전략

유지현 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 전임연구원

IoT 기반 환기시스템은 여러 재실자의 환경조절행동과 함께 에너지소비량을 크게 줄일 것이라는 기대가 모아진다. 특히 재실자의 패턴을 쉽게 알고리즘화할 수 있는 공공건물에서의 기대효과가 클 것으로 예측된다. 이러한 시스템은 향후 노후화된 공공건물을 리모델링하는 과정에서 예측 설계하는 데 큰 도움이 될 것으로 생각된다.



1. 서론

서울시는 온실가스 배출의 68.2%로 절대적인 비중을 차지하는 건물을 에너지 효율이 높은 그린 건물로 개선하는 ‘그린뉴딜’을 통하여 탄소배출 제로 도시 실현하고자 한다. 이를 위하여 건물의 외피를 고기밀화 및 고단열화하는 패시브적인 방법을 적용할 수 있지만, 이는 환기 성능에 있어서 거주자들의 만성적 호흡기 질환, 천식 등의 건강문제를 발생시킬 우려가 있다. 따라서 저탄소 제로에너지 빌딩 전환추진에 있어서 실내에서 발생하는 오염물질을 실외로 배출하고 실외의 신선한 공기를 유입하는 환기의 중요성에 대하여 다루고자 한다. 세계보건기구(WHO)발표에 따르면 코로나바이러스(COVID-19)에서 실내외 공기가 순환되지 않을 경우 다른 사람이 감염 될 위험성은 40%까지 치솟았지만, 1시간에 약 체적에 비례한 30% 공기(환기횟수 약 0.3회)만 순환 시켜도 감염위험은 1/20 수준으로 떨어지는 것으로 나타났다.

이와 같이 건강문제를 비롯한 실내공기질의 쾌적성이 요구됨과 동시에 에너지소비량을 줄이기 위한 정책 및 기술개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중에서도 Turner¹⁾ 및 다수 연구에 따르면 재실자의 환경조절행동이 건물에너지 소비량에 큰 영향을 미친다고 판단하였다. 이에

따라 거주자의 행동을 고려한 환기시스템이 각광을 받고 있으며, 이 거주자의 행동을 규명하는 데 노력을 기울이고 있다.

2. 환기시스템의 구성

2.1 열회수형 환기장치

기본적인 환기시스템엔 <그림 1>과 같이 열회수형 환기 장치가 장착된다. 국토교통부²⁾ 규칙에 따르면 공동주택의 경우 시간당 0.5회이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기 설비 및 기계환기 설비를 설치하도록 규정하고 있다. 앞서 언급했듯이 에너지소비량을 최대한 줄이면서 쾌적한 실내공기질을 유지하기 위해 열회수형 환기장치는 필수 불가한 장치이다. 기본적인 원리는 실내(난방기 기준)의 오염된 공기의 따뜻한 폐열이 배출되면서 열전소자에 열을 저장하고, 외부의 차가운 신선한 공기를 들여오면서 이 폐열의 열을 흡수하여 실외의 공기보다는 더 따뜻한 공기를 들여오는 것이다. 이 전열교환기의 효율을 <그림 2>에 나타냈으며 H사의 전열교환기를 예시로 가져왔다. 냉방기에서의 효율은 49%, 전열교환기에서의 효율은 약 65%로 나타났으며, 이는 일반 환기장치와 비교하였을 때 큰 차이를 나타낸다.

2.2 재실자 중심의 IoT 기반 중심의 환기시스템 구성

앞서 서론에 언급했듯이, 건물자체의 기밀화 및 환기 시스템의 효율이 중요함과 동시에 재실자의 패턴을 고려한 환기시스템의 구성이 중요하다. <그림 3>은 IoT 기반의 환기시스템 구성을 나타내며, <그림 4>는 로렌스버클리국립연구소(LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory)의 Occupancy Simulator 개발에서의 재실자의 패턴을 알고리즘화하는 과정이다.

IoT 기반의 환기시스템은 직관적으로 오염물질과 외부유입 인자의 수치화를 모바일 앱을 통해 재실자가 한눈에 볼 수 있게 하였으며, 더 나아가 재실자의 패턴을 알고리즘화하여 사람의 영향인자까지 고려하여 환기시스템을 구성하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반적인 사무소 건물에서의 재실패턴을 제시한 것이며(좌), 오른쪽 그림은 한 사무소 건물에서의 재실 패턴을 특징에 맞게 알고리즘화한 그림 예시이다. 이 재실 패턴의 차이를 메꿈으로써 최적 운전전략을 통해 에너지 소비량을 줄이는데 큰 도움이 될 것이라 판단된다.

3. 나아갈 방향

이 재실자의 패턴을 고려한 IoT 기반 환기시스템은 여러 재실자의 환경조절행동(창문개방행동, 냉난방설정온도, 블라인드 컨트롤 등)과 묶어 에너지소비량을 크게 줄일 것이라고 판단된다. 특히 재실자의 패턴을 쉽게 알고리즘화할 수 있는 공공건물에서의 기대효과가 클 것이고, 이는 노후화된 공공건물을 리모델링하는 과정에서 예측 설계하는 데 큰 도움이 될 것으로 생각한다. [sit](#)

☞ 참고문헌

- 1) Turner C, Frankel M, Council UGB(2008), Energy Performance of LEED for New Construction Buildings. Vancouver, WA : New Buildings Institute
- 2) 국가 교통부 건축물의 설비기준등에 관한 규칙
- 3) Multi sensor IoT Platform for optimising IAQ Levels in Buildings through a Smart Ventilation System, Sustainability, Giacomo Chiesa
- 4) Lawrence Berkeley National Laboratory(LBNL)-An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings.
- 5) IEA-EBC ANNEX66-Tianzhen hong

그림 1. 열회수형 환기장치(전열교환기) 구성



그림 2. 열회수형 환기장치 효율

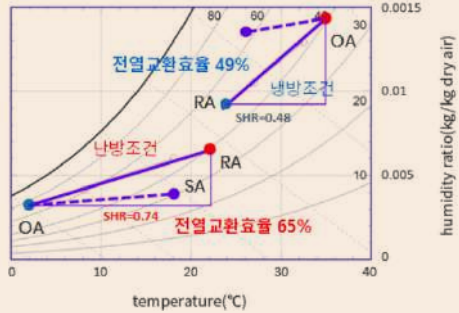


그림 3. IoT 기반의 환기시스템 구성³⁾

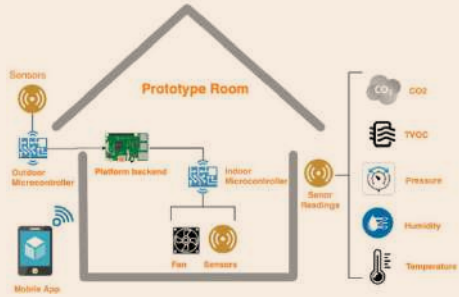


그림 4. LBNL⁴⁾의 재실자패턴 알고리즘화

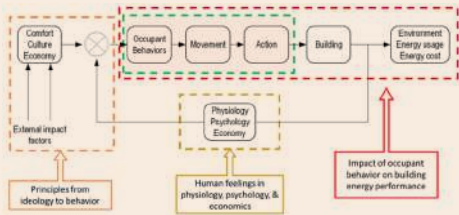


그림 5. ASHRAE의 재실패턴(좌)과 재실자 알고리즘 패턴(우)의 차이⁵⁾



미래도시의 예측: 메가시티의 미래와 안보 포럼을 다녀와서

김태희 / 서울기술연구원 연구기획실장

현대사회의 특징인 불확실성(uncertainty)과 복잡성(complexity)은 과거와 달리 미래사회의 예측과 대응을 어렵게 한다. 그럼에도 불구하고 인류는 현대의 기술개발 현황과 기술 진보의 궤적을 근거로 미래사회를 예측하려는 노력을 경주해 왔다. 예컨대 '4차 산업혁명', '스마트기술', '포스트 코로나' 등은 미래사회를 예측하려는 노력의 발현으로 이해될 수 있다.

이러한 관점에서 최근 서울특별시와 대한민국 육군이 공동 주최한 '메가시티의 미래와 안보' 포럼은 현대사회의 기술을 진단하고 미래사회의 기술을 예측하는 중요한 기회가 되었으나, 아래에서는 동 포럼의 주요 내용을 요약하여 제시해 보고자 한다.

동 포럼은 서울시청에서 7월 20일부터 21일 양일간 총 5개 패널과 토론 형태로 온라인으로 진행되었다. 첫 번째 패널에서는 4차 산업혁명 기술을 통한 미래도시의 변화, 미래도시의 의료시스템, 검출진단 기술 및 시스템 개발 현황이 소개되었다. 두 번째 패널은 미래도시의 인프라 관련 기술을 중심으로 진행되었는데, 초고층 및 복합시설의 재난재해 대응 기술, 지능형 초연결 도시 인프라, 자율주행이나 UAM(Urban Air Mobility) 등 미래교통을 통한 미래도시 상이 제시되었다. 세 번째 패널은 라이프라인 지하시설의 통합관리 방안, 향후 에너지시스템 전환에 따른 대응 방안, 도시수자원 관리 방안이 소개되었다. 네 번째는 사이버 위협, 금융기반 시설 위협 및 테러에 대한 미래도시 방호 전략이 소개되었으며 마지막

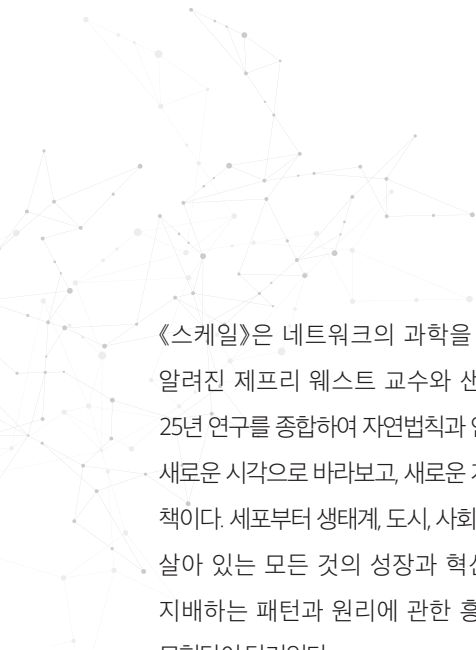
다섯 번째에서는 미래 도시의 안전기술에 대한 발제로 공간 시뮬레이션 디지털 트윈, 지능형 재난 스마트 관제 시스템, 재난 구조 로봇 및 드론 시스템 개발 현황이 소개되었다. 요컨대 동 포럼은 서울과 같은 메가시티를 대상으로 한 미래도시를 중심으로 기술개발 현황을 공유하는 장으로서 안전, 인프라를 포함한 미래도시의 비전을 제시하였다는 점에서 의미를 가질 수 있다.

금번 포럼은 미래도시의 비전을 제시하고 재난으로부터 안전하고 예측 가능한 도시를 건설하기 위한 기술개발 현황을 공유하는 의미 있는 장이었다. 다만, 포럼 참가를 통해 강조하고 싶은 점은, 첫째, 미래도시의 재난과 안전분야에 초점을 두어서 복지와 환경 분야 등 메가시티에서 검토되어야 할 사항이 포괄적으로 논의되지는 못하였다. 예컨대 2019년 세계경제포럼(World Economic Forum)¹⁾에서 발표한 10대 유망 기술에 제시된 순환경제의 바이오플라스틱 및 사회적 로봇(Social Robots)이나 KISTEP 미래예측 보고서²⁾에서 제시된 의료시스템의 디지털 전환에 따른 헬스케어 기술이나 Personal Mobility를 통한 교통 시스템의 전환 등이 제시되지 못했다는 점이다.

둘째, 미래도시는 스마트 기술을 토대로 인간과 공생하고 삶의 질을 개선하는 방향으로 가고 있음에 사회 구성원의 대부분은 공감하고 있으나, 미래도시가 기술 디스토피아를 극복하고 기술 유토피아를 향해 진화할 것인지에 대해서는 스마트 기술을 활용하고 수용하는 사회 구성원의 관심과 노력이 필요한 만큼, 사회 구성원의 시각과 수용성에 대한 담론이 다루어져야 할 시기가 도래하였다는 점이다. **ST**

1) World Economic Forum(2019), Top 10 Emerging Technologies 2019

2) KISTEP(2020), 미래예측 브리프: 포스트 코로나 시대의 미래전망 및 유망기술



《스케일》은 네트워크의 과학을 개척한 선구자로 알려진 제프리 웨스트 교수와 샌타페이 연구진의 25년 연구를 종합하여 자연법칙과 인간 문명의 관계를 새로운 시각으로 바라보고, 새로운 개념의 틀을 제시한 책이다. 세포부터 생태계, 도시, 사회관계망과 기업까지 살아 있는 모든 것의 성장과 혁신, 노화와 죽음을 지배하는 패턴과 원리에 관한 흥미진진한 과학적 모험담이 담겨있다.

“인간은 왜 무한 생명력을 갖지 못할까”라는 질문에서부터 시작하는 이 책은 인간의 생명과 죽음에 대해 다양한 질문을 던진다. 제프리 웨스트에 따르면 어느 포유동물이든 심장이 평생 뛰는 평균 횟수는 거의 같다고 한다. 그런데 생쥐처럼 작은 동물은 겨우 몇 년을 사는 반면, 그래 같은 거대한 포유동물은 100년 이상을 살 수 있음에도 심장이 뛰는 횟수는 거의 같다. 왜 이 같은 현상이 생기는 걸까? 제프리 웨스트는 이런 놀라운 규칙성은 서로 전혀 다르고, 고도로 복잡한 이 모든 현상의 밑바탕에 공통된 개념 구조가 있다고 이야기한다. 그러면서 동물, 식물, 인간의 사회적 행동, 도시, 기업의 동역학, 성장, 조직 체계가 사실상 비슷한 일반 “법칙(law)”을 따르고 있음을 강하게 시사한다.

이 책은 지구상에 살아가는 생물, 도시, 기업에 공통된 성장과 죽음의 보편 법칙이 있다는 연구결과를 설명한다. 결국 인간도 스케일 안에서 유한한 삶을 계속 살아가고 있는 것이다. 그 외에도 지구상의 모든 생물뿐만 아니라 인간이 만든 도시와 기업에 대해서도 스케일을 통한 놀라운 통찰을 보여주고 있다. 제프리 웨스트의 《스케일》은 우리의 삶 속에서 스케일이 얼마나 중요한지를 일깨워주는 친절한 과학 도서이다. s.it

'스케일'을

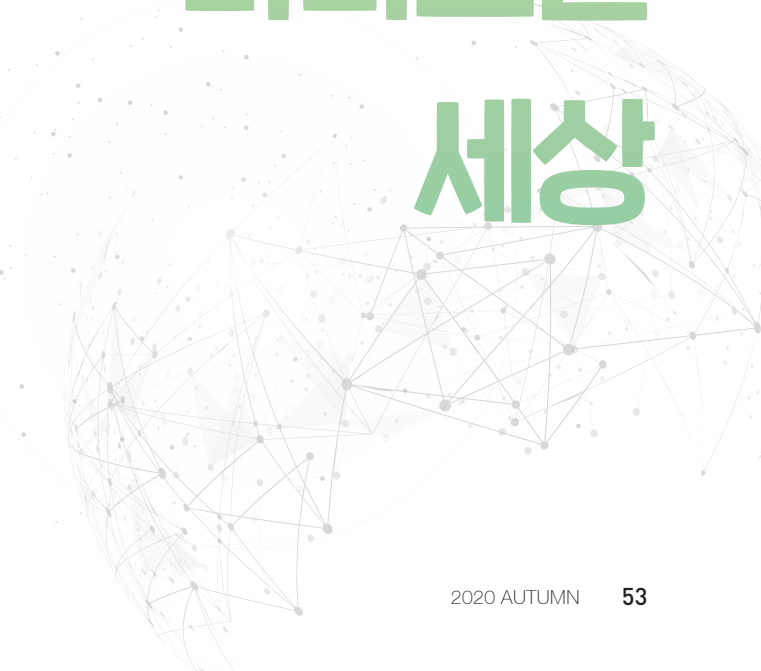
통해



저자: 제프리 웨스트
출판사: 김영사
출판일: 2018.07.30.

바라보는

세상



SIT NEWS

2020. Autumn Vol.07



서울기술연구원, 대한건설정책연구원과 도시문제 해결 위한 MOU 체결



서울기술연구원은 지난 7월 7일 대한건설정책 연구원과 업무협약을 체결하여 4차 산업혁명 시대의 도시 공공성과 재난 상황의 복원력 강화를 위한 기술·정책 개발에 함께 앞장설 계획이다. 이번 협약을 통해 양 기관은 공동연구 수행, 세미나 등 관련 행사 공동개최, 연구역량 강화를 위한 인력·정보·기술 교류 등의 협력 활동을 전개할 계획이며, 별도 실무 협의체를 운영해 지속적으로 상호 협력해 나갈 예정이다.

서울기술연구원, 녹색소비자연대전국협의회와 공동연구 및 인력·정보·기술 교류 협력 위해 맞손



서울기술연구원에서는 지난 8월 18일 도시문제 해결과 시민의 건강관리 분야에 대한 연구 협력을 위한 MOU를 체결했다. 이번 협약을 통해 양 기관은 서울시 건강수명을 감소시키는 비만문제를 장기적 관점에서 다루기 위해 올 9월부터 본격적으로 비만관리 사업·프로그램 현황 및 시민 만족도 분석을 통한 개선방안 연구를 공동으로 수행한다. 이와 관련하여 대시민 설문조사를 통해 자치구 동별 지역 문화와 생활습관 등을 파악하여 합리적 관리

방안수립에 협력할 예정이다. 또한 시민 의견수렴 조사·분석을 통해 시민체감형 대기환경 개선을 위한 연구도 공동으로 수행할 예정이다.



서울기술연구원-차세대융합기술연구원-충남연구원, 고농도 미세먼지 공동대응 위해 손잡다

서울기술연구원은 지난 8월 21일 차세대융합기술연구원(원장 주영창), 충남연구원(원장 윤황)과 함께 고농도 미세먼지 대응을 위해 지역별 특성을 고려한 지역 간 공동연구 MOU를 체결했다. 기관 간 MOU 체결을 통해 차세대융합기술연구원의 스마트시티 리빙랩형 실증을 위한 도시 대기환경 측정 및 예측 기술, 충남연구원의 주요 대기오염물질 배출과 관련된 발전·산업부문의 데이터와 서울기술연구원의 융·복합 응용·실증기술이 만나 시너지 효과를 낼 것으로 기대된다. 이번 서울기술연구원-차세대융합기술연구원-충남연구원 간 MOU 체결식은 코로나19의 확산으로 인해 서면으로 대체되었다.

서울기술연구원, 제 1기 홍보서포터즈 선발 및 위촉식 개최



서울기술연구원은 지난 9월 23일 선발된 1기 홍보서포터즈들과 함께 위촉식을 개최했다. 올해부터 내년 8월까지 활동할 홍보서포터즈 1기는 연구원이 추진하는 다양한 활동과 사업을 참신한 콘텐츠로 제작해 블로그·페이스북·유튜브 등의 SNS 채널을 통해 시민들에게 전달할 예정이다. 위촉식을 시작으로 내년 8월까지 연구원과 관련된 다채로운 홍보 콘텐츠를 발굴해 SNS를 통해 시민에게 유용한 정보를 제공하고, 연구원과 시민간 소통의 가교 역할을 하게 될 예정이다. [siti](http://siti.kr)

