

서울기술 연구

2021. Autumn Vol.11

기획특집
‘스마트 재난관리 기술’



CONTENTS

2021. Autumn Vol.11



2 기획특집

긴급 자동차 우선차로제 운영과 도로안전 시설물
재난 현장대응력 증진을 위한 4차산업기술 활용
재난관리자원 현황과 운영 방향
뜨거워진 지구, 기후 위기 극복에 대한 고찰

18 기술 풍향계

국내 물산업 육성과 기술경쟁력 확보를 위한 물산업 R&D 및 실증화 지원 사업 추진
서울시 도로포장 유지보수 현황과 개선 방향
대기오염 물질 저감에 효과적인 녹지 조성 사례
서울시 생활권 대기오염 배출시설 현황 및 저감기술
스마트 안개 추돌사고 예방 기술
확장현실 기반 몰입형 CCTV 스마트 관제 기술

42 신기술 시대

인공지능 유망 기술 동향
이차전지의 미래 : 고성능, 지능형, 친환경 이차전지
텍스트마이닝을 활용한 토목분야 연구 토픽 분석
절삭수 순환을 통한 친환경 도로 그라인딩 공법
국내 고농도 오존 발생 및 관련 규제 현황
딥러닝을 활용한 설비 시스템 고장 진단

66 Road & 人

69 일상과 기술

70 SIT NEWS

서울기술연구

발행일 2021년 9월 30일

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 강신영, 권민지, 박준용, 윤선권

전혜준, 정수경, 정중호, 조가영

편집간사 송지현

디자인·제작 ㈜KS센세이션 02-761-0031

Special Edition

‘스마트 재난관리 기술’



01

긴급 자동차 우선차로제 운영과 도로안전 시설물

채종길 안전방재연구실/지진안전센터 실장

02

재난 현장대응력 증진을 위한 4차산업기술 활용

최민지 안전방재연구실 수석연구원

03

재난관리자원 현황과 운영 방향

김민석 안전방재연구실 수석연구원,

박성호 지진안전센터 전임연구원

04

뜨거워진 지구, 기후 위기 극복에 대한 고찰

윤선권 안전방재연구실 연구위원

긴급 자동차 우선차로제 운영과 도로안전 시설물

채종길 / 서울기술연구원 안전방재연구실 실장

긴급자동차 우선차로제 운영을 위한 도로안전시설물의 국내외 사례조사를 바탕으로 우리실정에 맞는 새로운 도로안전시설물 표시(안)를 고안해야 한다. 이에 따라 긴급자동차 우선차로제의 효과적 운영을 위해 「도로안전시설 설치 및 관리지침」 등 기존 규정을 적절히 고려한 다양한 도로안전시설물을 제시하였다.





1. 들어가기

최근 경주·포항지진으로 지진에 대한 경각심이 높아진 가운데, 서울도 더 이상 지진안전지대가 아니므로 철저한 대비가 필요하다. 서울시는 2016년 5월 수립한 「지진방재종합계획(2016~2020)」에 따라 주요 시설물의 내진성능을 개선하고 시민 대피교육 및 훈련을 실시하는 등 도시의 대응력을 향상해 나가고 있다. 그러나, 서울이 해외 지진방재선진도시 수준으로 향상되기 위해서는 해외 피해사례를 반면교사로 삼아 구조·구급체계도 강화되어야 한다. 일례로 1995년 고베지진 당시, 극심한 도로정체로 신속한 구조·구급 활동이 이루어지지 못해 지진발생 5시간 이후 사망자는 477명에 달했다[NHK특별취재팀, 2018]. 이러한 경험을 통해 방재선진도시에서는 긴급차량의 신속한 이동이나 원활한 대피를 위한 도로망을 운영하고 있으나, 국내는 지정사례조차 없는 실정이다. 한편, 채종길 등(2020)은 서울을 대상으로 지진으로 인한 광역적·복합적 피해 발생 상황에서 방재력(구조·구급)의 원거리 신속지원을 위한 비상도로망(안)을 제시한 바 있으나<그림 2 참조>, 이것이 실제 현실에서 운영되기 위해서는 도로이용자가 긴급자동차 우선차로임을 충분히 인지할 수 있는 도로안전시설물(차선, 표지판, 차단기 등)의 설치가 필수적이다. 그러나 현재 우리나라에는 이와 관련하여 규격화된 것이 없다. 이에 본 기고에서는 긴급자동차 우선차로제 운영을 위한 도로안전시설물의 국내외 사례조사를 바탕으로 우리실정에 맞는 새로운 도로안전시설물 표시(안)를 고안하였고, 그 결과를 소개하고자 한다.

2. 긴급자동차 우선차로제 도입을 위한 도로 안전 시설물(안)

현재 국내는 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에 따른 13종의 시설물이 규정되어 있으나, 긴급자동차 우선

차로제 시행을 알리는 직접적인 표시나 규정은 없는 것으로 조사되었다.

이에 긴급자동차 우선차로제 시행을 위해 도로안전시설물 표지판(안)을 목적과 상황에 맞게 활용할 수 있도록 ‘문자형’과 ‘픽토그램형’으로 나누어 고안하였다. 문자형은 ‘긴급자동차 우선’이라는 문구와 해당 차로를 지정하는 화살표를 적용하였고, 픽토그램형은 ‘사이렌(또는 경광등) 이미지’와 ‘우선’이라는 문구를 조합하여 구성하였다. <그림 2 참조>.

그림 1. 동일본 대지진시 극심한 교통정체 전경



또한, 도로 위계별 ①기존 중앙버스 또는 가변버스 전용차로 구간과 같은 전용차로가 포함된 구간과 ②전용차로가 포함되지 않은 주간선도로, ③보조간선도로와 같은 시내부 일반 도로구간 노면표시(안)을 <그림 3>과 같이 고안하였다. 노면표시(안)의 경우도 앞서 제안한 표지판(안)과 동일하게 문자형과 픽토그램형으로 구분하여, 문자형에는 “긴급자동차 우선차로”라는 문구를 적용하고 픽토그램 형은 사이렌(또는 경광등) 모양의 픽토그램을 고안하여 “우선차로” 문구와 같이 표시하는 안을 제시하였다.

그림 2. 기본 표지판(안)



(a)상세형-문자
“긴급자동차 우선”, 차로 지정 화살표 표기

(b)상세형-픽토그램
“비상도로망 운영구간”, “비상 상황 발생시 긴급자동차

그림 3. 기본 표지판(안)



(a)문자형

(b)픽토그램형

아울러 VMS메시지를 평상시(비정체시)와 긴급상황시(돌발 상황 시)로 나누어, 평상시에는 교통홍보 목적을 위해 비상도로망 구간에 대한 정보를 표출하고, 비상상황 발생 시에는 1차선을 긴급자동차 우선통행을 위해 일반차량에게 양보를 요청하는 문구를 표출할 것을 제안한다<그림 4 참조>.

그러나 비상도로망이 우리 삶에 실현되기 위해서는 도로안전시설물 뿐만 아니라, 체계적인 운영을 위한 운영지침(안)과 법제화를 위한 법안 마련과 추진전략, 시나리오 수립 및 관계기관 책임 및 역할의 정립 및 이를 위한 협의가 계속되어야 할 것으로 판단된다. [sit](#)

3. 맺음말

본 기고에서는 긴급자동차 우선차로제의 효과적 운영을 위해 「도로안전시설 설치 및 관리지침」 등 기존 규정을 적절히 고려한 다양한 도로안전시설물을 제시하였다.

그림 4. 단계별 VMS 메시지 표출(안) 예시



📖 참고문헌

- [1] NHK 특별취재팀 (2018), 진도7 무엇이 생사를 갈랐나?, 황소자리 출판사
- [2] 채종길, 박성호(2020), 지진피해 저감을 위한 비상도로망 지정과 관리방안, 서울기술연구원

재난 현장대응력 증진을 위한 4차산업기술 활용

최민지 / 서울기술연구원 안전방재연구실 수석연구원

복합재난이나 신종재난 등 기존에 없던 재난유형들이 증가하면서 현장지휘의 난이도가 높아졌다. 이제는 현장대응역량이 그 어느 때보다 중요한 시점이다. 향후 4차산업기술을 현장대응에 활용한다면 신속하고 효율적인 의사결정을 지원하고 좀 더 효과적인 지휘전술 수립을 도울 수 있을 것이라 전망된다.





1. 재난 현장대응의 난이도 증가

각종 재난 발생 시 현장대응 단계에서 발휘되는 현장지휘관의 역량은 현장 상황에 대한 분석과 예측, 현장에 투입된 인적·물적 자원들의 역량, 현장대응 전술의 원칙과 절차 등을 아우르는 종합적인 결과로 나타나게 된다. 신속하고 효율적인 현장대응은 재난에 의한 피해를 최소화하고 시민의 안전을 확보하는 데 필수적이며 무엇보다 중요한 역할을 한다.

그러나 서울시의 경우 노후건축물의 밀집지역들이 다수 존재하며 그와 동시에 초고층빌딩, 대규모 다중이용시설 등 새로운 형태의 건축물 역시 빠르게 증가하며 기존의 소방기술을 재난 현장에서 적용하는 데 어려움이 따르는 실정이다. 이에 최근에는 4차산업혁명 기술 등 다양한 방법을 접목하여 재난 현장대응 기술을 고도화하고자 하는 시도가 이어지고 있다.

2. 재난대응 능력 향상을 위한 서울시 추진과제

서울시는 2018년 안전도시 서울플랜에서 4차 산업혁명 기반의 첨단 안전도시 조성 및 재난대응 능력 향상을 주요 추진 과제로 선정했다. 인프라·화재 등 도시재난 전반의 안전기술을 혁신하기 위해 계획을 제시하였으며, 집중호우 대응 예측시스템 개발 운영, 도로 시설물 상시 모니터링 센터 구축, IoT 기반 소방차 통행로 불법 주정차 관리 시스템 구축 등을 세부목표로 제시했다. 서울소방재난본부 역시 IT 기술을 활용한 재난대응체계의 고도화 추진을 2021년 성과 목표로 수립하는 등 현장대응상황을 효율적으로 추적관리하고 신속하게 공유하기 위한 시스템 구축 및 운영에 힘쓰고 있다.

3. 4차산업기술 활용 사례

소방차 진입 도움 기술

성동구에서는 화재 시 골든타임을 확보하기 위한

소방차 진입로 확보사업 ‘소방차 쌍쌍’을 추진하였다. 소방차 쌍쌍 사업 프로젝트는 성동구청, 성동소방서, 성동 경찰, 성동구민들이 협업한 리빙랩 활동으로 화재 신고 이후 현장 도착까지 골든타임 5분을 위해 소방차 진입로를 확보하는 것이 목적이다. 일반 주택 밀집 지역에서 화재가 발생할 경우 소방차 진입로를 신속하게 확보하기 위해 CCTV 시스템과 불법주차 이동 알림 자동 시스템을 활용하여 소방차 진입을 방해하는 도로 위 불법주차 차량에 대한 정보를 실시간으로 확인하고, 이 정보를 기반으로 통합관제센터에서는 차주에게 이동 조치 메시지를 전송하는 시스템을 구축하였다. 이를 위해 18대의 지능형 CCTV를 추가 설치하였고, CCTV 시각지대의 경우 중고 휴대폰이 CCTV의 역할을 하도록 활용하였다.

빅데이터 기반 화재위험도

건축물의 다양한 정보와 특징을 포함한 빅데이터를 활용하여 해당 건축물의 화재위험도 점수를 예측하는 머신러닝 모델 구축이 가능하다. 뉴욕에서는 소방청을 중심으로 시 정부가 보유하고 있는 다양한 화재 관련 정보를 활용한 예측을 수행하고 있으며, 시 내 모든 건축물의 화재위험도 점수를 모니터링하고 주의가 필요한 건물들을 관리하는 방법을 사용 중이다.

서울 소방 역시 자체연구를 통해 화재위험도 예측 모델의 개발을 완료하였으며, 인명, 재산 피해 정보를 조합하여 특정 건축물의 화재위험도를 예측하여 현장에서 위험성 및 위기판단과 관련한 의사결정을 지원하는 데 활용하고 있다. 이러한 빅데이터 기반 예측을 통해 시민과 소방대원의 화재 위험을 최소화하고 사전 예방의 효과를 더욱 높일 수 있을 것이라 기대된다.



소방 드론

드론은 소방 및 구조 분야에서 다양한 역할 수행이 가능하며, 실제 많은 현장에 투입되고 있다. 드론에 장착된 영상장비를 통해 상공에서 전반적인 상황을 파악할 뿐만 아니라 소방대원의 즉각적인 진입이 어려운 곳에 대신 투입하여 요구조사 파악 및 지휘작전 수립을 위한 정보를 제공할 수 있다.

또한, 산악구조 시에도 기존에는 구조대원의 진입이 어렵고 넓은 수색범위로 인해 실종자 탐색에 장시간이 소요되었지만 드론의 활용을 통해 수색기간을 효과적으로 줄이고, 신속한 구조활동을 펼칠 수 있다. 이러한 드론의 활용성을 극대화하기 위해 서울시에서는 150미터 상공에서도 차량 번호판 식별이 가능한 전자광학 30배 줌 카메라와 야간 재난 현장에서 활용 가능한 적외선 열화상 카메라를 소방 드론에 부착하여 사용하고 있다.

4. 결론

최근 복합재난이나 신종재난 등 기존에 없던 재난유형들이 증가되며 현장지휘의 난이도가

높아지고, 현장대응역량이 그 어느 때보다 중요한 시점이다. 이러한 시점에 4차산업기술을 현장대응에 활용하여 신속하고 효율적인 의사결정을 지원하고 더욱 효과적인 지휘전술 수립을 도울 수 있을 것이라 생각한다.

또한, 사전 예측 모델 및 상시 모니터링 기술 등의 더욱 적극적인 활용을 통해 현장대응력 향상뿐만 아니라 취약계층 밀집지역 등을 집중 관리하여 안전약자를 재난으로부터 보호하고, 각종 재난 및 안전사고에 선제적 대응이 가능할 것으로 기대된다. [sfr](#)

재난관리자원의 현황과 운영 방향

김민석 / 서울기술연구원 안전방재연구실 수석연구원
박성호 / 서울기술연구원 지진안전센터 전임연구원

재난관리자원은 재난의 예방·대비·대응 및 복구를 위한 모든 활동에 필요한 물적·인적자원을 의미하며, 공공분야와 민간분야(중앙정부⇔지자체⇔민간업체)의 협력이 상생될 때 신속한 대응으로 시민의 안전을 확보할 수 있다.



1. 재난관리자원의 이해

재난관리자원은 재난의 수습 활동 및 응급조치에 필요한 자원을 뜻하며, 재난상황에 맞게 적용하고 활용하기 위해 크게 자재(응급조치 및 복구에 동원 가능한 기본적인 재료), 장비(응급조치 및 복구 등에 동원되는 장비), 인력(재난 발생 시 대응 및 복구활동에 응원될 수 있는 인력 및 단체로서 전문기관으로부터 특수한 자격과 인증을 받았거나 전문적인 기술과 기능을 보유한 인적자원)으로 분류할 수 있다.

재난관리자원의 관리가 꼭 필요할까? 지난 '19년 12월 코로나바이러스감염증-19(COVID-19)이 발생하고 전 세계적으로 확산됨에 따라 '20년 3월 MB(Meltblown) 필터 자재 및 대체재 부족으로 “공적 마스크 5부제 판매” 등 마스크 대란을 경험하였다. 이처럼 언제, 어디서, 어떻게 발생할지 모르는 자연/사회 재난으로부터 신속히 대응과 복구로 발생한 피해를 최소화하고 시민의 안전을 확보하기 위한 재난관리자원의 관리는 필수적이라고 할 수 있다.

2. 재난관리자원 현황

중앙정부와 지자체에서는 재난관리자원 비축·관리를 위해 무엇을 하고 있을까? 행정안전부에서는 재난관리자원 효율적 운영·관리를 위해 “재난관리자원 비축관리 예측기술 및 운영모델 개발”, “재난관리자원 분류 및 코드체계 구축 연구용역”을 통해 재난유형별 위험성 평가 및 비축량 산정 모듈 개발, 재난관리자원의 분류 및 코드체계를 구축하였다. 또한 재난관리자원을 체계적으로 관리 및 활용할 수 있도록 재난관리자원 공동활용시스템을 운영하고 있다.

'21년 2월에는 박완주 국회의원의 “재난관리자원 관리에 관한 법률”의 입법발의와 더불어 실시간인 재난관리자원관리와 적재적소의 안정적 공급을 위해 재난관리자원 통합관리시스템 구축을 추진하고 있다.

현재 경기도는 약 2,400m² 규모의 광역방재거점 센터(1개소)와 42m² 규모의 지역비축창고(60개소)를 운영하고 있으며, 여기에서 장비(발전기, 양수기) 90

표 1. 수도권 재난관리자원 운영현황

구분		서울시	경기도
개요		25개 자치구	28市/3郡
면적		605.2km ²	10,171km ²
인구		1,001만명	1,327만명
인구밀도		16,545명/km ²	1,304명/km ²
창고	광역	-	1개소(2,400m ²)
	지역	3개소(市소관) 25개(區소관)	60개소(42m ² /1개소)
재난자원	광역	-	125개 품목 17만 점
	지역	132개 품목 48만 점	61개 품목 16만 점

그림 1. 서울시 (가칭)재난관리자원 통합비축창고 계획(안)



조감도(예시)



공간조성(예시)

종, 자재(랜턴, 방호복 등) 35종 등 총 33만 점의 재난관리자원을 보관·관리하고 있다. 공공에서 운영·관리에 대한 총괄 업무를 맡고 있으며, 민간협력 업체에서는 업무협약을 통해 재난관리물자 보관·관리 및 재난시 물자 현장 운송을 하고 있다. 이를 통해 대규모 재난시 3단계로 재난 현장에 단계별 즉시 집중 공급과 1~12시간 이내 재난 현장 도착이 가능하다.

서울시는 자체 구매, 임대, 재난지원 협약 등을 통해 시·자치구 개별적으로 운영 중인 비축창고에 총 132개 품목 48만 점의 재난관리자원을 보유하고 있으며, 앞으로 서울에 발생하는 모든 재난에 대응 가능한 규모의 비축창고 건립과 재난관리자원의 통합 운영·관리를 추진하고 있다.

또한, 재난관리자원의 중요성을 시민에게 인식하기 위해 재난관리자원을 전시하고 홍보할 수 있는 공간을 함께 마련할 계획이다.

3. 재난관리자원의 운영 방향

언제, 어디서, 어떻게 발생할지 모르는 재난으로부터 시민의 안전과 생명을 지키는 것은 무엇보다도 중요하다. 재난관리자원은 공공분야(중앙정부-지자체, 지자체-지자체)간의 협력과 민간분야(중앙정부, 지자체-민간업체)의 협력이 상생될 때 재난의 신속과

대응과 더불어 시민의 안전을 확보할 수 있다.

서울기술연구원도 “서울시 재난관리자원 운영방안 연구”를 통해 서울시 통합비축창고의 조사/보관/관리를 위한 첨단기술조사와 더불어 지역특성(자연, 산업 등)과 계절별(한파, 도시홍수 등) 특성을 고려한 자치구 물품창고와의 재난관리자원 연계운영 및 관리방안 연구로 시민의 생명과 안전을 지키기 위해 노력할 것이다. [sIT](#)

뜨거워진 지구, 기후 위기 극복에 대한 고찰

윤선권 / 서울기술연구원 안전방재연구소 연구위원

기후변화로 인한 대형산불과 홍수피해는 지구촌 곳곳에서 일어나는 재앙이라 할 수 있다. 게다가 지구의 기온은 산업혁명 이후 1.2도 상승하고 있으며 지금도 인간활동에 의한 화석연료 사용으로 지구의 기온은 계속 높아지고 있다. 이제는 우리 모두가 지구를 하나의 생명체로 바라보면서 균형과 질서를 회복시키기 위해 노력해야 할 것이다.





1. 들어가며

지구가 뜨거워지고 있다. 전 세계 TV와 언론매체들은 연일 기후변화에 따른 지구촌 곳곳의 재난피해 사례를 심각성 있게 보도하고 있으며, 기후위기에 대한 국제적 공동 대응 노력을 촉구하고 있다. 지난 2015년 12월 12일에는 196개국 대표가 모인 가운데 '파리기후협정(Paris Climate Agreement)'을 체결하였으며, 지구의 평균기온 상승을 산업화 이전보다 2도 이하로 유지하고 1.5도를 넘지 않도록 노력한다는 목표를 세웠다.

이제 1997년의 교토의정서의 체제는 막을 내리고 '신(新)기후체제'가 출범하였음을 시사하며, 기후위기 대응을 위한 공동의 노력을 기울이고 있다. 여기서, 목표온도(2도)는 인간이 감당할 수 있는 임계점(threshold) 이상으로 온도가 변하는 것을 피하기 위하여 설정한 것이며, 인류가 기후변화 문제에 효과적으로 대응하기 위한 일종의 제한속도를 의미한다.

최근 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)의 발표에 따르면 지구의 평균 기온이 향후 5년(2025년) 안에 지구 온도 한계점(Tipping Point)인 1.5도가 상승하는 해가 한해 있을 가능성이 40%에 달한다는 보고를 내놓기도 하여 기후위기의 가속화 정도와 그 심각성에 대하여 인식할 필요가 있다. 본고에서는 올해 발생한 지구촌 곳곳의 대형산불과 홍수피해 사례를 통하여 전 지구적 기후변화에 따른 재난피해의 인과관계를 진단하고, 기후 위기 극복을 위한 시사점을 조명하고자 한다.

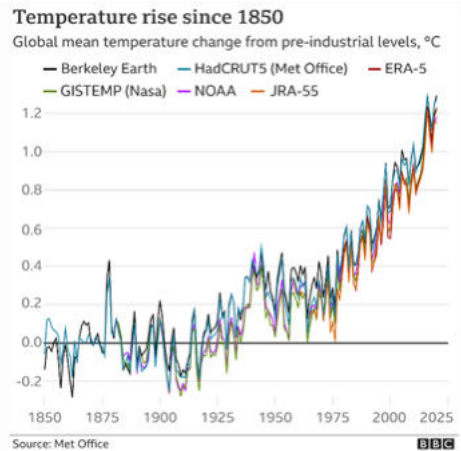
2. 기후변화와 재난재해

<그림 1>은 영국 기상청(Met Office)에서 제공한 1850년 이후 지구의 평균기온 관측자료를 나타내고 있으며, 최근에 올수록 기온 상승 추세가 가파르게

증가하고 있음을 확인할 수 있다. 2018년 UN 기후 관련 IPCC 6차 기후변화 평가보고서에 따르면 지구의 평균 온도가 마지노선인 '1.5도' 이상 증가할 경우 기후 재앙이 지금보다 훨씬 가속화될 것으로 전망하고 있다. 기온상승이 마의 1.5도를 넘기면 극한폭염은 5.8년마다 찾아오며, 가뭄은 2배 증가, 폭우는 1.5배 증가, 태풍의 강도는 10% 증가할 것으로 예측하였다.

UN 산하 재난위험경감사무국(The United Nations Disaster Risk Reduction, UNDRR)의 「2000~2019 세계재해 보고서」에 따르면 지난 20년 동안 전 세계에는 7,348건(연간 367건)의 자연재해가 발생하였으며, 123만 명(연간 약 6만 명)이 사망하였고 3400조 원(연간 170조 원)의 재산피해가 발생한 것으로 집계하였다. 이는 앞선 20년(1980~1999년)보다 재해 발생 건수가 1.7배 증가한 것으로, 전문가들은 주요 원인을 기후변화에 따른 지구 기온상승으로 진단하였다.

그림 1. 1850년 이후 지구 평균기온 관측자료

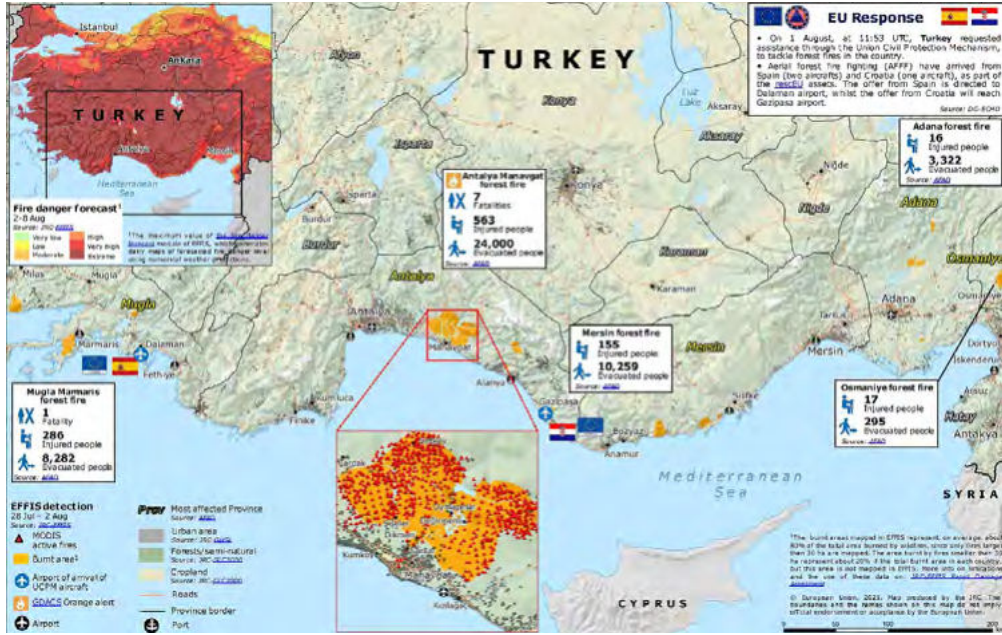


3. 최근 지구촌 재난피해 사례

3.1 이상 고온에 의한 산불 발생

올여름 지구촌 곳곳은 이상 고온 현상과 건조한 날씨로

그림 2. 2021년 터키의 산불 피해 현황 지도(출처: 위키백과)



인하여 산불피해가 자주 발생하였다. 그중 터키와 미국 캘리포니아주 사례가 심각하다. 대형산불이 한 번 발생하게 되면 방대한 규모의 산림이 한순간에 훼손됨과 동시에 생태계가 파괴되고, 대기 중 오염물질 증가와 이산화 탄소 발생 등 지구온난화를 더욱 가속시키는 요인으로 작용한다.

3.1.1 터키 대형산불

2021년 7월 28일 터키 지중해 연안 도시에서 발생한 산불을 시작으로 전국 47개 지역에서 240건이 동시다발적으로 발생하였으며, 화재 발생의 주요 원인은 37°C가 넘는 이상고온에 의한 폭염과 건조한 기후로 조사되었다.

이로 인하여 소방관 등 총 8명이 숨지고 860명이 부상을 당했으며, 4만여명의 주민이 대피하였고, 산림피해는 약 9만 5천ha가 발생하였다. <그림 2>는 2021년 터키의 산불 피해 현황 지도를 나타내고 있으며, 지중해 연안 지역을 비롯한 터키 전 지역이

산불 등 화재 위험지역으로 분류되고 있음을 확인할 수 있다.

3.1.2 캘리포니아 산불

미국 캘리포니아주에서는 연이어 대형산불이 발생하고 있다. 미국 CNN방송에 따르면 2021년 8월 말 현재 3,800명이 넘는 소방 인력이 진화에 나서고 있지만, 불길기 잡히지 않아 바이든 대통령에게 중대 재난지역 선포를 요청하였다고 보도하였다.

올여름 캘리포니아 북부에서 번진 대형산불로 최근까지 주민 4만 2천 명이 대피하고, 주택 등 건물 615채가 소실되었으며, 일부 지역에서는 전기와 가스 공급이 중단되기도 하였다. 지금까지 캘리포니아 산불로 6천353km² 이상이 소실되었으며, 이는 서울시 면적(605.2km²)의 10배에 달한다. 캐나다 서부 브리티시컬럼비아 지역의 올해 6월 최고 기온은 49.5도를 기록하였으며, 미국 서부지역 또한 미국 국립기상청이 관측을 시작한 이래 ‘가장 뜨거운

그림 5. 중국 허난성 정저우시 홍수피해 현장(사진 출처: 구글 이미지)



그림 6. 독일 등 유럽 대규모 홍수피해 현장(사진 출처: 구글 이미지)



1975년 198.5mm)가 발생하였으며, ‘1천 년 만의 폭우’로 기록되었다. 3일간 내린 비의 양은 617.1mm이며, 이는 정저우시의 연간 평균 강수량인 640.8mm에 근접하는 수치이다.

정저우시의 모든 지하철 노선은 운영을 중단하였으며, 도심지 곳곳에 도로 및 건물과 주택 등에 침수피해가 발생하였으며, 전기와 수도 공급 또한 일시 중단되었다. 보도에 따르면 갑작스러운 폭우로 인하여 지하철 안에 갇혀있던 승객 10명이 사망하는 등 사망자가 302명 발생하였으며, 실종인원은 50여 명으로 집계 되었다. <그림 5>는 중국 허난성 정저우시의 침수피해 현장을 나타내고 있다.

3.2.2 유럽 대홍수

2021년 7월 12일부터 영국에서 시작된 홍수는 독일 서부, 벨기에, 네덜란드, 룩셈부르크가 접한 지역까지 100년 만의 기록적인 폭우가 발생하였다.

당시 7시간 강우량은 207mm(독일 라이프치히 지역)에 달하였으며, 이번 홍수로 인하여 하천 및

저수지가 범람하였고, 곳곳에 도로 침수 및 산사태가 발생하여 큰 피해를 입혔다. 독일에서는 133명, 벨기에 27명, 이탈리아 1명을 포함하여 최소 162명이 홍수로 인한 사망자로 집계되었다. 특히 독일의 경우 사망자 외에도 약 1,300여 명이 실종되어 그 피해가 매우 심각하였다. 독일 기상청에 따르면 지역에 따라 시간당 100~150mm의 폭우가 발생할 것으로 예상하고 대비를 하였으나, 72시간 동안 시간당 최대 180mm의 폭우가 쏟아진 곳도 발생하였으며, 정확히 어디에 폭우가 내릴지 특정하기 어려워 그 피해가 컸다고 보도하였다. <그림 6>은 유럽 지역의 대규모 홍수피해 발생 현장 모습이다.


4. 맺으며

최근 발생하고 있는 지구촌 곳곳의 대형산불과 홍수피해는 기후변화의 현상이자 재앙이라 할 수 있다. 인간의 체온은 36.5도이다. 이보다 1.0도라도 높아지거나 낮아지면 몸에 이상 반응이 나타나고 각종 장기와 기관이 제 역할을 할 수 없다. 결국에는

않아놓게 되고 병원을 찾는다. 우리는 지구를 인간처럼 하나의 생명체로 바라볼 필요가 있다. 지구의 평균기온은 14.9도이다. WMO 발표에 의하면 지구의 기온은 산업혁명 이후 1.2도 상승하였다. 지금도 인간활동에 의한 화석연료 사용으로 지구의 기온이 높아지고 있다. 뜨거워진 지구는 재난재해로 몸살을 앓고 있다. 달리 보면 지구라는 하나의 생명체가 균형과 질서를 회복시키기 위한 몸부림이라 할 수 있겠다. 전문가들은 지구 기온변화의 한계점(Tipping Point)을 1.5도라고 이야기한다. 얼마 남지 않은 한계점에 더욱 가까워지기 전 지금 당장 우리는 무언가를 해야할 때이다.

다른 예로, 우리 몸의 70%는 물이다. 지구 또한 마찬가지이다. 지구 표면의 2/3는 바다이며, 수표면적은 지구 표면의 약 70%를 차지한다. 지구의 온도 유지와 생태계의 균형은 수문순환(Hydrologic Cycle) 원리에 의하여 작동되고 조절된다. 우리가 물리학 시간에 배운 물의 상변화(고체↔액체↔수증기) 그래프는 섭씨 4도를 기준으로 온도변화에 따른 부피 팽창을 잘 보여주고 있다. 즉 물이 액체에서 수증기로 변화하는 과정에서 어느 임계점을 지나게 되면 그 부피가 멍함수 형태로 증가하게 된다. 70%가 물로 구성된 지구의 온도가 높아지면, 공기 중의 수증기 양이 많아지게 되어 극심한 폭염과 폭우 발생 빈도 증가는 물론이거니와 빙하의 눈 녹음 현상과 해수면 온도상승에 의한 재난재해를 더욱 가속시키는 요인으로 작용한다. 더욱이 기후변화에 따른 극지방과 적도 지방의 잠재에너지 차의 감소는 지구 기후 시스템의 변화를 가져와 큰 재앙으로 몰아넣는 결과를 초래할 것이다.

마지막으로, 노자의 물(水)에 대한 혜안을 통하여 본 고를 마무리하고자 한다. 「도덕경」 8장에 보면 (上善若水, 水善利萬物而不爭, 處衆人之訴惡,

故幾於道 상선약수, 수선리만물이부쟁, 처중인지소오, 고기어도)라는 표현이 등장한다. 이는 “물은 만물을 이롭게 해주지만 공을 다투지 않는다, 모든 사람들이 싫어하는 낮은 곳으로 흐른다”라는 뜻이다. 일찍이 노자는 물의 속성을 깨닫고 물의 선함과 만물을 이롭게 하지만 결코 다투지 않으며, 무서운 힘을 가지고 있으나 겸손하고 스스로를 낮은 곳에 처신한다는 자연의 법칙으로 우리에게 가르침을 주었다. 최근 기후변화와 포스트 코로나 시대와 함께 21세기 사회-환경, 경제 변화로 인하여 등장한 “뉴노멀(New Normal)”이라는 용어가 널리 인용되고 있다. 그러나 뜨거워진 지구, 노자의 상선약수처럼 인간이 자연 본래 모습을 훼손하지 않고 자연에 순응하며 함께 더불어 살아갈 방법을 찾는 데 그 해답이 있지 않을까 필자는 생각해 본다. 

▣ 참고문헌

- [1] 구글 이미지 (<https://www.google.co.kr/>)
- [2] 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 제6차 평가보고서 제1실무그룹 보고서 요약본
- [3] 미국 해양대기청 (<https://www.noaa.gov/>)
- [4] 미국 가뭄감시센터 (<https://droughtmonitor.unl.edu>)
- [5] 영국 기상청 (<https://www.metoffice.gov.uk/>)
- [6] 위키백과 (<https://ko.wikipedia.org>)
- [7] 유엔 재난위험경감사무국(UNDRR) 「2000~2019년 세계 재해 보고서」



국내 물산업 육성과 기술경쟁력 확보를 위한 물산업 R&D 및 실증화 지원 사업 추진

전범준 / 서울기술연구원 기술혁신센터 혁신기획팀 팀장

기술혁신센터는 향후 서울시(물순환정책과)와 함께 기업들의 기술개발이 완전하고 충분하게 이뤄질 수 있도록 지원할 예정이다. 아울러 물 산업 관련 도시문제 해결 및 시민들의 불편함을 해소하고 혁신 기술 보유 기업을 육성하며 물산업이 지속적으로 성장해 나갈 수 있도록 뒷받침할 것이다.

물산업 혁신기술 R&D 시범사업 시행

기술혁신센터는 2019년부터 테스트베드서울사업, 캠퍼스타운 기술매칭사업, 클라우드소싱 기술공모사업, 태양광신기술 실증지원사업 등 다양한 형태의 R&D 및 기술사업화 지원사업을 운영해 왔다. 이러한 다양한 사업운영 경험을 바탕으로 물순환정책과의 물산업 발전을 위한 기반조성 사업의 일환인 2021년 물산업 혁신기술 R&D 시범사업을 서울기술연구원에서 운영하게 되었다. 이를 위해 2021년 5월 31일에 서울시(물순환안전국), 서울기술연구원(고인석 원장), 서울물재생시설공단(박상돈 이사장)은 업무협약(MOU)도 체결하였다.

21년 물산업 혁신기술 R&D 시범사업의 경우 총 15억 원(업체당 최대 3억 원) 규모로 기획되었으며, 신기술접수소를 통해 6월 3일 사업공고를 시작으로 서울시와 함께 혁신기술 발굴을 위한 홍보 및 접수를 진행하였다. 이를 통해 6월 한 달 동안 접수된 기술들에 대해 사전검토[기술도입 타당성 검토(특허법인), 현장 실증 가능 여부 검토(서울물재생시설공단)], 1차 서면평가, 2차 발표평가를 거쳐 7월에 최종 8건(R&D기획 지원 1건, 실증화 지원 7건)의 혁신기술을 선정하였다.

선정된 기술은 현장에서 간편하게 중금속을 검출할 수 있는 센서 기술에서부터 다양한 섬유 필터 기술 및 저에너지형 침전기술 그리고 협잡물을 이용하여 수소 등의 합성가스를 생산할 수 있는 기술들로 올해 서남 및 탄천물재생센터에 현장 실증을 진행할 예정이다. 또한 선정된 실증화 지원 기술 7건에 대해 실증 방법, 성과목표, 성과검증 등에 대한 실증 세부 계획 수립 시 보다 내실 있는 사업이 되도록 서울기술연구원 전문가들이 참여하여 기술 컨설팅을 지원하였다.




그림 1. 물산업 혁신기술 R&D 시범사업 추진 MOU 체결



표 1. 물산업 혁신기술 R&D 시범사업 선정기술

구분	연구과제명
R&D 기획	스마트 하수처리를 위한 현장 직독형 IoT 중금속 검출센서 개발
실증화	강우시 효율적인 비점오염원 관리로 환경오염 개선
	방류수 수질 개선을 위한 고효율·저에너지형 smart 침전 기술 개발
	다중세척형 섬유디스크필터 개선
	미생물 건전성 판단 알고리즘 기반의 실시간 총인, TOC 제어 기술을 이용한 스마트 하수처리
	고농도 부유물질 제거를 위한 SMART 디스크형 섬유 여과 공정 실증화 사업
하수 내 미량유해물질, TOC 처리를 위한 고도산화/활성탄 여과-재생 기술 실증화	
서남물재생센터 협잡물을 이용한 합성가스 생산 실증화 사업	

2022년부터는 서울시(물순환정책과)와 협의를 통해 지원 규모 확대 및 지원 기간을 최대 3년으로 확대하여 정규사업을 추진할 예정이며, 기업들의 기술개발이 안전하고 충분하게 이뤄질 수 있도록 지원할 계획이다.

기술혁신센터는 시와 함께 물 산업 관련 도시문제 해결 및 시민들의 불편함을 해소하고 혁신 기술 보유 기업들을 발굴 및 육성하여 물산업이 성장할 수 있도록 노력해 나갈 것이다. 



서울시 도로포장 유지보수 현황과 개선 방향

마경훈 / 서울기술연구원 도시인프라연구실 전임연구원

도로포장의 파손은 여러 원인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 특히 서울시는 높은 교통량 및 버스전용차로 등 특수한 교통환경으로 인해 포장 파손이 더욱 다양한 형태로 나타난다. 따라서 파손 발생 시 '긴급보수'만으로 상황을 종료하는 것보다 파손구간의 과거 이력 및 유사한 지점의 과거 보수 데이터에 기반하여 유지보수 방안을 수립하는 것이 중요하다.



개요

서울시는 지자체 중 최대의 교통량이 통행하고, 중앙 버스전용차로와 같은 중차량 집중 주행 구간이 존재하는 등 특수한 교통환경을 가지고 있다. 도로포장은 장기간 공용으로 인해 점차 노후화되었으며, 이에 따라 포트홀, 노면변형 등 포장 파손의 발생 빈도가 증가하였다.

도로포장의 파손을 발생시키는 원인은 <그림 1>과같이 교통환경, 기후환경 및 도로 유지관리 측면으로 구분할 수 있다. 교통량 증가로 인한 반복적인 파손구간의 확대, 폭우 및 폭설 등 이상기후의 영향과 함께 포장 표층 위주의 보수로 그치는 유지관리로 인하여 포장 노후화가 가속화되고 있다. 이에 서울시는 2010년 이후 아스팔트 10계명(2013), 포트홀 신고시스템(2014), 차도혁신 종합대책(2015), 도로포장 유지관리 기본계획(2017) 등 포장 파손 저감 대책들을 수행하였다(서울특별시, 2018).

포장 파손은 도로 구조물의 형태, 교통환경, 주행특성 및 구간적 특수성 등의 영향으로 상승적으로 파손이 발생하는 구간이 존재한다. 이러한 구간에서의 효과적인 유지보수 계획 수립을 위해서는 다수의 현장조사 및 유지보수 이력을 검토하고, 파손 원인을 규명하여 근본적 해결방안을 모색할 필요가 있다. 본 기사에서는 서울시 도로포장의 유지관리 현황을 분석하고, 포장 파손 유형별 발생원인 및 개선방안에 대해 제시하고자 한다.

서울시 도로포장 관리현황

서울시는 도로포장 파손 및 보수현황 관리를 위하여 '서울시 포장도로관리시스템-포트홀 관리시스템'을 운영하고 있다. 해당 시스템에서는 포장 파손 종류를 포트홀, 균열, 침하, 맨홀주변, 소성변형 및 기타 6개 항목으로 구분하고 있으나, 실제 집계되고 있는 데이터는 <그림 2>와 같이 약 90%가량의 파손이 포트홀로 분류되고 있다. 이는 파손 형태 분류 과정에서 작업자의 주관적 판단에 의존하기 때문에 실제 파손의 형태를 정확히 기록 및 관리하는 데 한계가 있는 것으로 판단된다.

그림 1. 포장의 조기 노후화(서울특별시, 2018)

교통환경 측면	기후환경 측면	도로관리 측면
		
교통량 증가로 인한 반복적 파손구간 확대	폭우, 폭설 등으로 인한 도로함몰 및 포트홀 증가	표준위주 정비로 인한 노후포장 지속 누적

그림 2. 포장 파손 유형별 집계현황(2018~2019년, 2개년 평균)

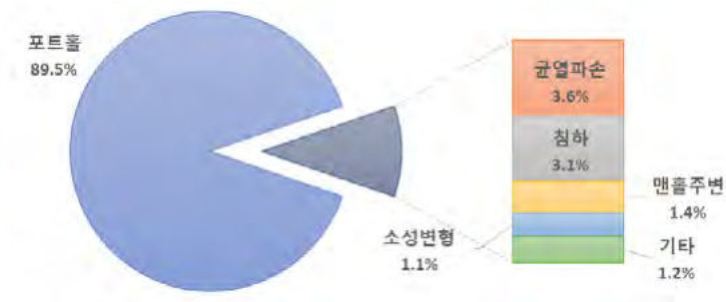


그림 3. 서울시 도로포장 파손 사진 예시

 포트홀(단독)	 포트홀(연속)	 포트홀(교면포장)	 포트홀(굴착복구)
 소성변형(버스정류장)	 소성변형(버스정류장)	 균열(망상균열)	 균열(시공줄눈)

실제 도로포장에서 발생하는 파손은 <그림 3>과 같이 매우 다양한 형태로 나타나며, 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 발생하고 있다.

현재 서울시 포트홀 관리시스템은 ‘파손인지(또는 신고시스템 접수)’→‘긴급보수’→‘보수결과 입력’의 형태로

운영되고 있으나, 수집된 데이터만으로는 파손 현황 관리에 한계가 있다. 파손 발생시 ‘긴급보수’만으로 상황을 종료하는 것보다 파손구간의 과거 이력 및 유사한 지점의 과거 보수 데이터에 기반하여 유지보수 방안을 수립하는 것이 필요하다.

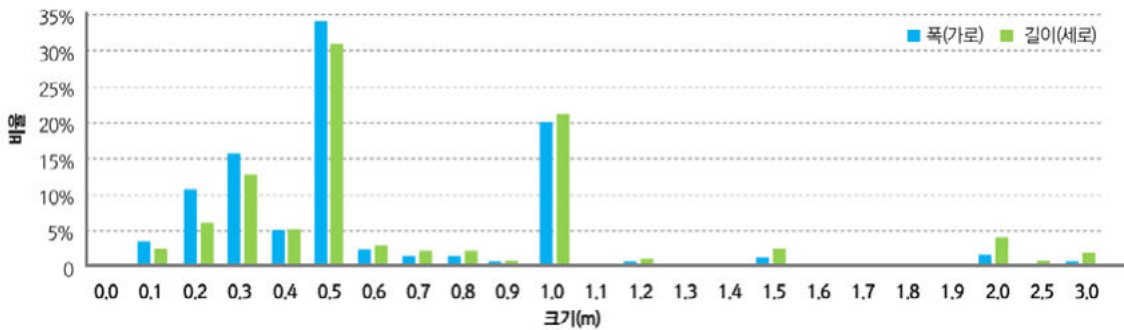
서울시 도로포장 보수이력 분석

<그림 4>는 2018년~2019년 서울시 도로포장의 파손부 보수 규모를 나타낸 것이다. 보수구간의 길이(차량진행 방향)와 폭은 모두 0.5m가 가장 많은 비율로 나타났고, 1.0m, 0.3m 및 0.2m 순으로 분포하였다. 폭과 길이는 각각 95%, 86% 이상이 1.0m 이하의 분포를 보여 대부분의 복구가 1m 길이 이내로 실시되었다. 복구면의 깊이는 전체의 70% 이상이 5cm 이하의 두께로 분포하였으며, 특히 40% 이상은 복구 시 복구면의 두께가 일반적인 아스팔트 표층의 포설 두께인 5cm에 미치지 못하는 것으로 확인되었다. 표층의 포설 두께보다 얇은 깊이로 복구를 수행할 경우 복구재와 기존 포장의 접착면에서 과도한 전단력이 발생하기 때문에, 건전부 구간에 비해 상대적으로 접착력이 약한 복구면 특성상 차량 하중에 의한 재파손이 크게 우려된다.

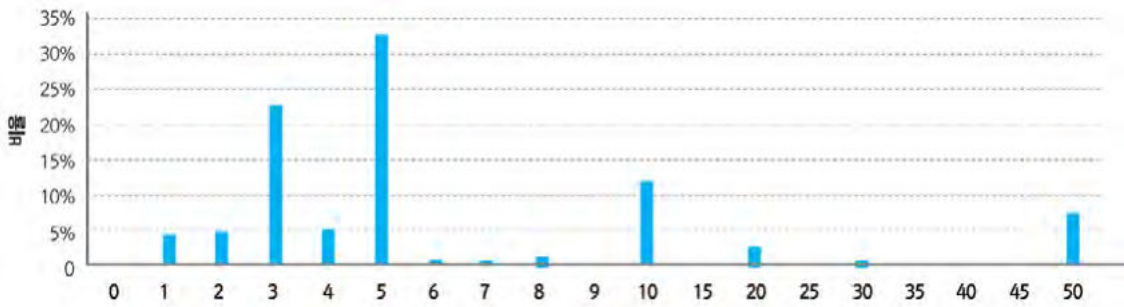
포장 파손 유형별 특징 및 유지관리 계획수립 개선 방안

<표 1>은 포트홀 관리시스템의 파손구간 사진자료를 분석하여 서울시 도로포장의 대표적인 파손 유형 및 파손 원인을 도출한 것이다. 파손의 형태가 유사하더라도 발생원인 및 해결방안은 서로 상이할 수 있다. 따라서 향후 각 대표 파손 유형의 재발 방지를 위해서는 일률적 유지보수 방법 적용을 지양하고, 철저한 현장조사를 통해 근본적 파손 원인 해결을 위한 유지보수 계획을 수립하여야 할 필요가 있다. [시T](#)

그림 4. 서울시 도로포장 파손부 보수 규모 분석(2018~2019)



(a) 파손부 보수 길이 분포



(b) 파손부 보수 깊이 분포

표 1. 서울시 도로포장의 대표적 파손 유형 및 파손 원인

파손 위치		파손 형태	파손 원인
버스전용차로 버스정류장	버스전용차로	소성변형, 포트홀, 망상균열	<ul style="list-style-type: none"> 버스 차륜의 높은 접지 하중을 감당하기에는 부족한 포장 두께에 기인한 구조적 소성변형 발생 대형차 통행 및 정체
	버스전용차로		<ul style="list-style-type: none"> 접지압이 큰 버스의 정차에 기인한 포장 침하 포장 두께 부족에 기인한 지지력 부족
L형 측구	L형 측구	소성변형, 포트홀, 망상균열, 체수	<ul style="list-style-type: none"> 상습체수에 기인한 측구 열화/부적절한 덧씌우기
	측구 인접부		<ul style="list-style-type: none"> 포장 두께 부족에 기인한 소성변형/국부 침하 배수불량에 의한 포트홀 혹은 망상균열
	측구 접합부		<ul style="list-style-type: none"> 보수공사 시 측구 접합부까지 미절삭
교면포장	내부	소성변형, 밀림, 포트홀, 균열	<ul style="list-style-type: none"> 하절기 토공부보다 높은 포장체 온도 상승 교량 방수층의 정착 부족 교량바닥판 열화에 기인한 아스팔트 포장 파손 아스팔트의 입도 및 다짐 불량에 따른 높은 공극 신축이음과 난간에 기인한 용기형태의 체수
	무수축 콘크리트	스폴링, 균열	<ul style="list-style-type: none"> 신축이음과 교면포장의 단차
지하차도	조인트부	APJ 경계면 포트홀, 밀림	<ul style="list-style-type: none"> 입출구부의 경사에 기인한 밀림 발생 입·출구부 경사부 침투수의 APJ 상면 체수 APJ 재료 불량에 따른 밀림 및 파손
맨홀	맨홀 주변	포트홀, 균열	<ul style="list-style-type: none"> 맨홀 흔들림에 의한 주변부 파손 포장 높이와 맨홀 높이의 단차에 의한 파손
	맨홀덧씌우기		<ul style="list-style-type: none"> 맨홀 위 얇은 아스팔트 덧씌우기에 기인
굴착복구	굴착복구 구간	포트홀, 산화/망상 균열	<ul style="list-style-type: none"> 하부층 다짐 불량 아스팔트 인력시공에 따른 다짐 불량
	중방향 커팅부	중방향 균열	<ul style="list-style-type: none"> 중방향 커팅부의 부실한 시공이음에 기인
블록포장	접합부	소성변형, 포트홀, 망상균열	<ul style="list-style-type: none"> 블록포장으로 침투한 우수에 의해 아스팔트 하부지반의 지지력 감소
	내부		<ul style="list-style-type: none"> 중차량 통행에 따른 하부구조층의 지지력 부족
	아스팔트 덧씌우기		<ul style="list-style-type: none"> 블록포장 상면 얇은 아스팔트 덧씌우기 두께
하부 구조물 구간		반사 균열, 포트홀	<ul style="list-style-type: none"> 하부 구조물 구간의 반사균열 대비책 미비 구조물 상면 아스팔트 포장의 두께 부족
응급복구 및 항구복구		포트홀, 산화/망상 균열	<ul style="list-style-type: none"> 파손 발생부 미절삭 보수에 기인한 재파손 복구 시 덧씌우기 두께 부족 망상균열 발생부 전면이 아닌 포트홀 발생부만 보수 파손 발생 포장 하부 손상층 미제거 보수

☞ 참고문헌

[1] 서울특별시, 2018, 서울특별시 도로포장 유지관리 매뉴얼



대기오염 물질 저감에 효과적인 녹지 조성 사례

김민경 / 서울기술연구원 생활환경연구실 연구위원

해외 여러 국가들은 대기오염 물질을 저감하기 위하여 강도 높은 정책과 기술개발을 꾸준히 시행하고 있다. 우리나라 역시 오염 경보 및 초미세먼지에 대한 기준을 강화하는 등 각 분야에서의 노력이 지속되고 있다. 지금부터 대기오염 물질 저감에 효과적인 녹지 조성 사례들을 살펴보고, 서울시가 나아가야 할 방향에 대해 모색하고자 한다.



‘2019년 World Air Quality Report’에서 한국은 OECD 회원국 중 초미세먼지 오염 농도 1위를 차지하여 최악의 대기질 오염 국가로 분류되었고, 세계에서 26번째 수준으로 심각한 것으로 보고되었다¹⁾.

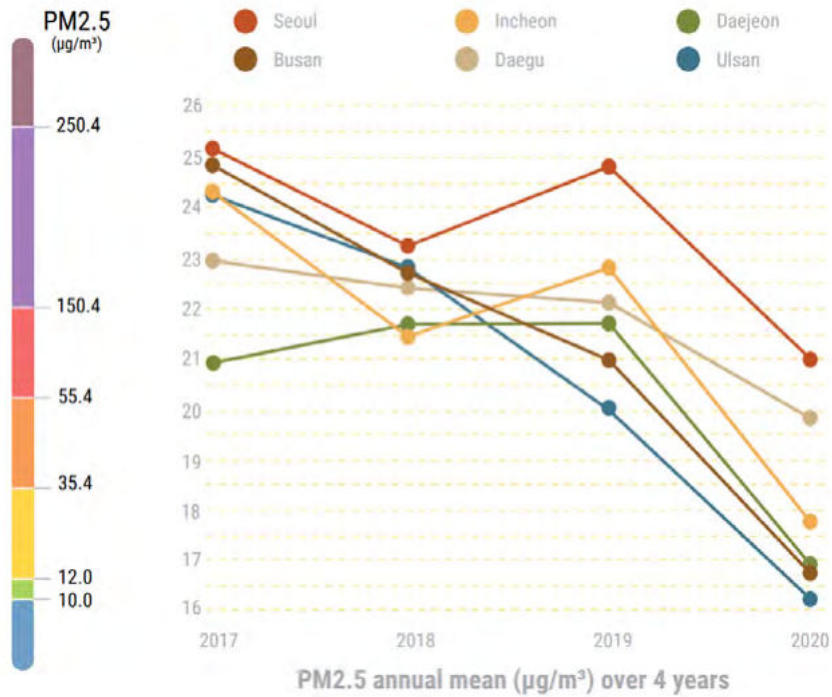
2018년 초미세먼지 농도는 24.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 칠레에 이어 두 번째로 높았으며 가장 오염도가 높은 도시 100개 중에 한국 도시가 61개가 포함되었고, 서울은 24.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 27위를 기록하였다. 각국은 대기오염 물질을 저감하기 위하여 강도 높은 정책 및 기술개발 등의 꾸준한 노력을 지속하고 있으며, 우리나라도 2001년 미세먼지와 초미세먼지를 대기오염 물질로 규정하고, 오염 경보 및 위해성이 높은 초미세먼지에 대한 기준을 강화하는 등²⁾의 노력을 지속하여 ‘2020년 World Air Quality Report’에 의하면 전년 대비 서울은 초미세먼지 농도가 15.7% 감소되었으나 <그림 1> 도시가 갖는 대기질의 문제는 여전히 진행 중이다.

이를 해결하기 위한 각 분야의 노력이 지속되고 있고, 녹지 조성에 의해 대기오염 물질을 저감하고 하는 노력 또한 계속되고 있다. 이러한 대책은 크게 도시적 차원과 보행자 입장에서의 계획으로 구분할 수 있다. 도시적 차원에서의 해결 방법은 도시 내 바람길 계획을 통하여 대기 오염 물질을 분산하고, 바람길 내 수목을 식재하여 공기담을 만드는 등 공기의 흐름을 확산하는 것을 의미하는 것으로, 독일 슈투트가르트에서의 바람길과 도시숲 계획이 그 시작이라고 할 수 있다.

보행자 입장에서의 접근방법으로는 녹지의 대기오염 물질의 차단 효과 등을 제시한 가로녹지 조성 등이 해당될 수 있다. 이에 대한 몇 가지 사례들을 살펴보고 앞으로 서울시가 나아가야 할 방향에 대해 모색해 보고자 한다.

1) 조선일보(2020) 초점 2019[세계 공기질 보고서] 한국 OECD 국가 중 초미세먼지 '최악'
2) KIST 청정대기센터(2021) 미세먼지 인사이트 4월호, No 6.

그림 1. 초미세먼지(대기오염물질) 주요도시 별 농도



출처 : World Air Quality Report(2019)

도시적 차원에서의 도시숲 조성: 독일 슈투트가르트의 Green U

도시 바람길은 녹지와 물, 오픈스페이스의 네트워크로 이를 통해 산이나 바다로부터의 신선한 공기가 도시로 흐르게 하는 것을 의미한다³⁾. 바람길은 야간에 산지 등 자연지역에서 생성된 신선하고 차가운 공기가 도시 내 유입됨으로써 도시 환기와 미세먼지 분산에 기여하며, 궁극적으로는 도시 내 공기질을 개선하는 역할 또한 기대할 수 있다⁴⁾. 즉 도시숲 조성은 공기역학적 효과인 공기 흐름을 유도하여 공기질을 개선할 수 있는 것으로 이해할 수 있다.

독일 슈투트가르트(Stuttgart)는 구릉지에 위치하여 평균 풍속(2m/s)이 낮고, 대기 역전 현상으로 오염물질이 정체되어 1930년대부터 바람길 계획 연구를 시작했고, 1970년대 후반부터 바람길 계획을 수립·추진하여 주변 산지에서 생성되는 차고 신선한 바람이 유입되도록 하는

세부 지침을 수립하였다⁵⁾. 세부 내용을 살펴보면 도심에서 가까운 구릉에는 녹지 보전, 도입, 개축 이외에 신규 건축 행위를 금지하고, 도시 중앙부 바람길 지역의 건축물은 5층까지로 규제하고, 간격은 3m 이상으로 설정하였다. 녹지 조성에 있어서는 바람길이 되는 큰 길과 작은 공원은 100m의 폭을 확보하고 바람이 통하는 길이 되는 숲의 셋길을 정비하였다.

3) 김수봉, 정응호, 이춘우(2007) 바람길 조성을 위한 법제도 검토 및 활용방안. 환경과학논집, 12: 127-143.
 4) 임정희(2010) 공간계획에서 기후를 고려하기 위한 독일의 법적 체계 검토 및 그 시사점-도시의 바람순환을 중심으로. 환경법연구, 32(2):201-222.
 5) 성선용, 박종순, 이상은, 김선희(2019) 국토정책 Brief 재인용(이노우에 토 시히코, 스다 아키하시 2005)

그림 2. 킬레스베르크 타워에서 본 Green U(Das Grune U) 도시숲 (슈트트가르트)



출처 : <https://www.stuttgart.de/tourismus/sehenswuerdigkeiten/gruenes-u.php>

또한 키 큰 나무를 밀도 있게 식재하여 신선하고 차가운 공기가 고이는 ‘공기 댐’을 만들어 공기의 흐름을 강하게 확산시킬 수 있다.

이를 실천하기 위해 킬레스베르크에서 솔로스 가든까지 8km의 Green U(Das Grune U) 도시숲을 조성하였는데⁶⁾, Villa Berg, Rosensteinpark, Leibfriedschen Garten 및 Wartberg 공원과 녹지를 연결하였다. 연결을 위한 생태 브릿지와 그린웨이, 계단 등 다양한 길을 통하여 분산되어 있는 공원을 연결하고 도시 전체의 공기 순환을 유도하였고⁷⁾, 산지에서 발생하는 바람이 도시로 유입되도록 하였다. 이에 따라 연계된 도시숲뿐만 아니라 동물 보호구역, 놀이터, 정원 등이 연계되어 시민에게도 어메니티 공간 조성으로 혜택을 주고 있다.

보행자 측면에서의 가로녹지 조성

서울시는 보행 네트워크를 연계하고 확대하는 것뿐만 아니라 학교통학로 녹화사업, 세종대로 사람숲길 등 보행로 확충 및 가로녹지 조성 사업을 추진하고 있다. 차도와 인접한 보행로의 경우 차량에서 대기오염 물질인

배기가스가 직접 보행자에 노출되어 안전에 직접적 문제를 일으키게 되므로<그림 3> 이에 대한 대기오염 물질을 저감할 수 있는 방안에 대한 사례를 살펴보고자 한다.

해외에서는 보행로 가로녹지에 대한 효과 등에 대해 주목하여 연구를 진행하고 있는데, 영국 Surrey 대학 ‘Global Centre for Clean air research’ 보고에⁸⁾ 의하면

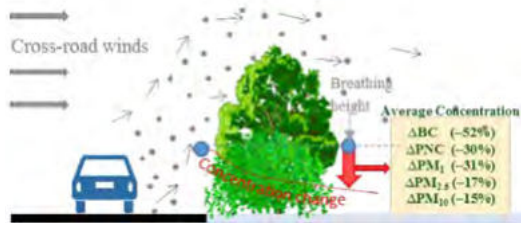
그림 3. 배기가스 노출에 의한 보행자 피해



출처 : Baldauf, R.(2016)

- 6) 김도형, 박승규(2019) 미세먼지 저감을 위한 강원도의 도시숲 정책방향. 한국 지방행정연구 원 2019 정책이슈리포트
- 7) 박찬열(2018) 도시숲 연구 및 정책의 최근 동향과 시사점. 국제산림정책토크 제 59호
- 8) Kumar, P., Abhijith, KV and Yendle Barwise(2019) Implementing Green Infrastructure for Air Pollution. Global Centre for Clean air research

그림 4. 대기 오염 물질 저감 개념도



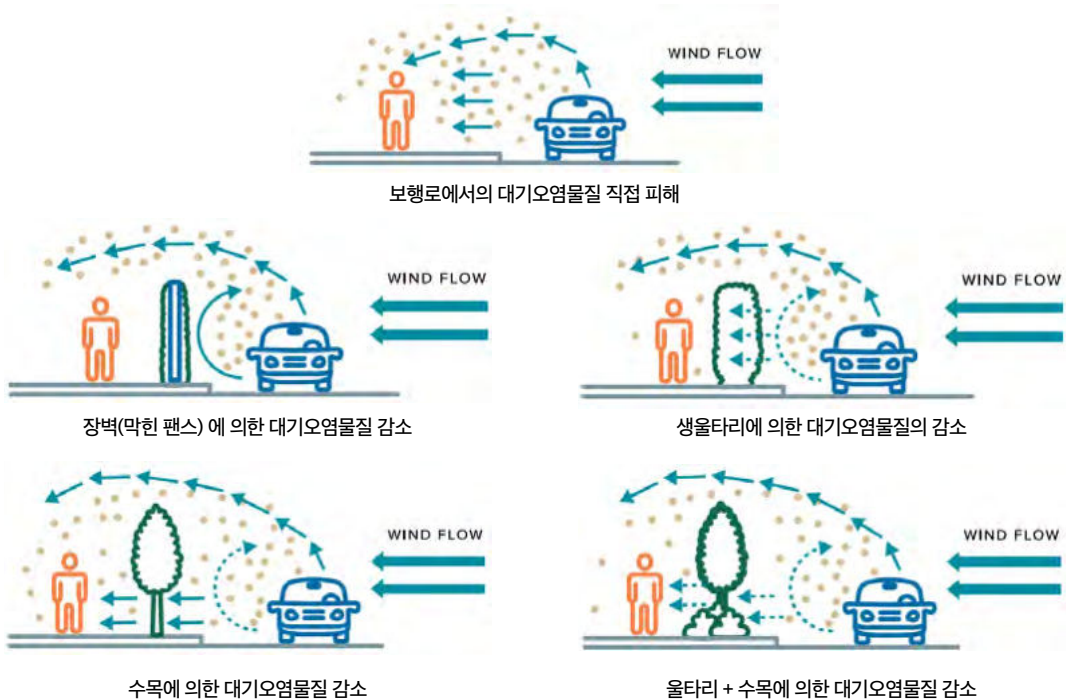
출처 : Kumar, P., Abhijith, KV and Yendle Barwise(2019)

가로녹지에서의 군집된 수목은 도로의 대기오염 물질의 흐름에 초점을 맞추어, 수목의 흡착, 직접적인 제거보다는 대기오염 물질의 장벽으로서의 역할을 부각하고, BC(블랙 카본), PNC(입자 수 농도), PM1(<math><1\mu\text{m}</math>의 입자상 물질)에

대한 상층식생과 하층식생의 조합으로 불어오는 바람에 오염 물질 농도가 감소한다는 것이다<그림 4>.

미국 환경보호국(EPA)⁹⁾에서는 도로 근처의 오염에 대한 노출과 관련하여 공중 보건 문제가 증가함에 따라 오염 물질로부터의 노출을 완화하는 방안에 대한 연구를 진행하였는데, 오염 물질 수준을 저감시킬 수 있는 식생벽(vegetation barriers)의 주요 특성을 강조하고, 식생벽을 조성할 경우 높이, 두께, 피도, 다공성/밀도, 공기정화 수종 등을 제시하였다. 내용을 살펴보면 개방된 가로에서 근접거리의 도로와 원거리의 도로로 구분하여 보행자에 대한 영향을 조사한 결과, 근접거리의 도로에서는 수목+울타리 등 식생벽이 효과적이었으며

그림 5. 대기오염 물질 저감을 위한 가로녹지 식재 계획



출처 : Kumar, P., Abhijith, KV and Yendle Barwise(2019)

9) Kumar, P., Abhijith, KV and Yendle Barwise(2019) Implementing Green Infrastructure for Air Pollution . Global Centre for Clean air research

10) Baldauf, R.(2016) Recommendations for Constructing Roadside Vegetation Barriers to Improve Near-Road Air Quality. U.S. EPA

원거리의 도로변 식재는 울타리 식재가 효과적이라고 하였다. 열린 도로 환경에서의 울타리 식재는 가로수의 앞쪽에 식재하는 것이 바람직하고, 연속하여 식재하고 가능한 결합된 울타리와 결합된 식생벽의 높이가 5m 이상인 것이 효과를 극대화 될 수 있으나 최소 1.5m 높이를 권장하고 있다. 또한 가로수와 울타리(관목류, 펜스 등)의 효과를 높이기 위해서는 가능하면 폭은 5m 이상의 식생벽이 효과적이라고 제시하였다¹¹⁾.

<그림 5>와 같이 열린 도로 환경에서 가로녹지 조성 시 수목과 식생벽 조성 등의 식재 계획은 차량에서 발생하는 대기오염 물질을 감소시켜 노출 수준을 줄일 수 있다.

Trees and Design Action Group Trust(2019)에서도 자동차에서 분산되는 배기가스 저감을 위한 식생벽은 교통량이 많은 도로에서 도로변의 공공 노출을 줄이는 데 상당한 이점을 가지고 있다고 하였다. 개방된 도로 환경에서 차량과 보행자 사이에 식생벽을 추가함으로써 오염 물질 농도를 50% 감소할 수 있다고 한다. 또한 고층 건물로 둘러싸인 가로를 제외한 대부분의 가로에서 Source(자동차)-Sink(인간) 경로로 유입되는 배기가스를 노출 지점에서 농도를 감소시킬 수 있다. 즉 밀도가 높고 적절하게 설치된 관목의 군집식재 차량과 보행자 사이의 효과적인 식생벽으로 울타리 대신 조성하여 효과를 줄 수가 있다는 것이다¹²⁾. Pugh *et al.* (2012)¹³⁾도 식생벽의 경우 NO₂의 경우 40%, PM 10은 60%를 감소한다고 하였다. 식물 흡착은 단단한 표면보다 훨씬 높기 때문에 식물의 적용은 효율적인 도시오염물질의 필터로 활용할 수 있다고 하였다.

그러나 건물이 있는 가로에서는 건물과 도로의 비율(H/W)에 따라 대기 오염물질 저감 효과가 오히려 감소될 수 있고, 건물의 높이와 도로의 비율이 0.5 이하인 경우(도로폭이 건물 높이의 두배)에는 가로수, 울타리, 벽면녹화가 대기 오염 물질 저감효과를 높일 수 있는 방안으로 제시되기도 하였으나¹⁴⁾, 건물의 높이가 높은 경우는 교목 식재에 대해서는 고려가 필요하다고 하여 이에 대한 상세 추가연구가 필요하다.

이와 같이 해외 사례들을 분석한 결과, 보행자 측면에서 가로녹지를 조성할 경우 밀도가 높고 높이와 폭이 확보된 수준의 식생벽 형태 또는 다층식재의 고밀도 식재가 필요한 것으로 나타났으나, 국내 적용을 위해서는 협소한 도로 폭에서의 한계가 발생될 수 있을 것이며, 특히 건축물이 있는 도시 특성에 맞는 상세 식재 가이드라인 제시를 위한 연구가 필요하게 되었다. 이에 공기유동해석(CFD)에 근거한 ‘대기오염 차단과 열 저감을 위한 학교통학로 식재방안’ 연구가 진행 중에 있다. 과제 완료 시 상세하게 도출된 가이드라인은 시민에 안전한 가로녹지를 조성할 수 있을 것으로 예상된다. [srt](#)

11) Baldauf, R.(2016) Recommendations for Constructing Roadside Vegetation Barriers to Improve Near-Road Air Quality. U.S. EPA.

12) Trees and Design Action Group Trust(2019) Role of trees & other green infrastructure in urban air quality

13) Pugh, T.A.,Mackenzie, A.R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N.,(2012) Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons

14) Prashant Kumar(2019) Implementing Green Infrastructure for Air Pollution Abatement Global centre for clean air research.



▣ 참고문헌

- [1] 김도형, 박승규(2019) 미세먼지 저감을 위한 강원도의 도시숲 정책방향: 한국지방행정연구 원 2019 정책이슈리포트
- [2] 김수봉, 정응호, 이춘우(2007) 바람길 조성을 위한 법제도 검토 및 활용방안. 환경과학논집, 12: 127-143.
- [3] 남성우, 성선용, 박중순(2020) 미세먼지 저감대책으로서 바람길 적용 방안. 한국콘텐츠학회 논문지 20(3): 1-9.
- [4] 박찬열(2018) 도시숲 연구 및 정책의 최근 동향과 시사점. 국제산림정책토포픽 제 59호
- [5] 서울연구원(2018) 서울시 미세먼지 오존 통합관리 전략.
- [6] 성선용, 박중순, 이상은, 김선희(2019) 국토정책 Brief 재인용(이노우에 토시히코, 스다 아키하시 2005).
- [7] 엄정희(2010) 공간계획에서 기후를 고려하기 위한 독일의 법적 체계 검토 및 그 시사점-도시의 바람순환을 중심으로. 환경법연구, 32(2):201-222.
- [8] 조선일보(2020) 초점 2019[세계 공기질 보고서] 한국 OECD 국가 중 초미세먼지 '최악'.
- [9] KIST 청정대기센터(2021) 미세먼지 인사이트 4월호, No 6.
- [10] Baldauf, R.(2016) Recommendations for Constructing Roadside Vegetation Barriers to Improve Near-Road Air Quality. U.S. EPA.
- [11] Gallagher J. and Baldauf R.(2020) MITIGATION OPPORTUNITIES AND THE BENEFITS OF NEAR-ROAD BARRIERS. TRB Workshop.
- [12] Kumar, P., Abhijith, KV and Yendle Barwise(2019) Implementing Green Infrastructure for Air Pollution . Global Centre for Clean air research.
- [13] Prashant Kumar(2019) Implementing Green Infrastructure for Air Pollution Abatement.
- [14] Pugh, T.A., Mackenzie, A.R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N.,(2012) Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons.
- [15] Trees and Design Action Group Trust(2019) Role of trees & other green infrastructure in urban air quality.
- [16] <https://www.stuttgart.de/tourismus/sehenswuerdigkeiten/gruenes-u.php>



서울시 생활권 대기오염 배출시설 현황 및 저감기술

송민영 / 서울기술연구원 기후환경연구실 수석연구원

「대기환경보전법」에서는 연료 제조와 사용 등의 규제, 휘발성유기화합물(VOCs)의 규제 등 생활환경상의 대기오염물질 배출규제를 위해 법의 개정과 추가를 시도하여 정책을 유도하고 있으며, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에서는 미세먼지 집중관리구역의 지정 등 지자체 차원에서 미세먼지 오염이 심각하다고 인정되는 지역을 지정할 수 있다.



서울시 생활권 대기오염 배출시설 현황

지금까지 정부 및 지자체는 대기오염물질 및 미세먼지 감축을 위해 사업장 중심으로 제조업부문, 발전부문, 운송부문 등에서 발생하는 미세먼지 대응에 집중해왔으며, 일부 생활권 미세먼지 저감을 위해 도로 재비산먼지 관리, 난방시설 관리 및 지원 강화, 소규모사업장 지원 및 감시 체계 강화 등에 초점을 맞춘 사업과 정책을 시행하였으나, 일상적인 생활권에서 고농도로 발생되거나 농축되어 직접적으로 시민의 건강에 위해를 가할 수 있는 생활권 미세먼지는 상대적으로 관심이 부족하다.

미세먼지 관리 종합대책에서는 국내배출량 분야를 발전, 산업, 수송, 생활 부문으로 나누었는데, 2017년도 부문별 미세먼지 배출량을 분석해보면, 전국적으로는 생활부문 39.7% > 수송부문 31.8% > 산업부문 22.2% > 발전부문 6.3% 순이고, 수도권의 경우는 생활부문 46.5% > 수송부문 41.4% > 산업부문 7.3% > 발전부문 4.7% 순으로 나타났으며, 생활 주변 미세먼지 배출원은 대부분 규제 대상에 빠져 있거나 관리 방안이 제대로 마련되지 않아 관리의 사각지대로 남아 있다.

서울의 경우 생활부문에서 발생하는 미세먼지 포함 대기오염물질의 배출량이 높으며, 상대적으로 관리가 잘 되어지고 있는 대규모 사업장 보다 소규모 사업장 또는 비규제 대상의 소규모 배출원이 많이 존재해 대기오염의 농도가 높고 이를 관리하기 위한 저감 방안 마련이 시급한 실정이다.

아래의 <표 3>은 2017년 CAPSS(Clean Air Policy Support System) 기반 유기용제 사용 배출원 및 VOCs 배출량 현황과 통계청의 사업체 조사 자료를 활용하여 정리한 표이다. 대기오염물질 배출량에 따라 1~5종 사업장으로 분류가 되는데 <표 1>, 서울시 관내 소재한 배출원은 대부분 일정 규모 이하의 시설로서 소규모사업장으로도 분류가 되지 않아 관리가 되지 않는 게 현실이다.

표 1. 서울시 사업장 종별 현황 : 대기오염물질 발생량에 따라 1~5종 분류 (서울시 자료)

(단위: 개소)

계	1종 (80톤이상)	2종 (20톤이상 80톤 미만)	3종 (10톤이상 20톤 미만)	4종 (2톤이상 10톤 미만)	5종 (2톤이상)
2,124	15	13	20	504	1,572
100%	0.7%	0.6%	0.9%	23.7%	74.0%

표 2. 서울시 대기배출시설 종류별 현황

(단위: 개소)

계	보일러	도장	도금	건조	발전	열처리	성형	연마	기타
2,124	1,145	735	117	12	29	15	26	10	35
100%	53.9%	34.6%	5.5%	0.6%	1.4%	0.7%	1.2%	0.5%	1.6%

표 3. 유기용제 사용 배출원 및 VOCs 배출량 현황과 통계청의 사업체 조사

CAPSS 유기용제 사용 분류 및 VOCs 배출량(톤/년)				통계청 사업체 조사		
배출원 대분류	배출원 중분류	배출원 소분류	서울시 VOCs	통계청 산업분류	서울시 사업체수	서울시 종업원 수
유기 용제 사용	도장시설	자동차 제조	-	자동차 제조업	2	0
		자동차 수리	1,028	자동차 종합 수리업	533	7,663
		자동차 수리	1,028	자동차 전문 수리업	3,563	10,217
		건축 및 건물	11,768			
		코일 코팅	3,575	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	4,357	12,557
				의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	2,075	15,661
				전기장비 제조업	2,307	12,294
				기타 기계 및 장비 제조업	2,910	14,970
		선박 제조	-	선박 및 보트 건조업	4	12
		나무,가구제조	345	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	331	714
	가구 제조업			755	2,522	
	기타 산업용 도장공정	483	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	104	405	
			플라스틱제품 제조업	1,018	4,978	
			고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	36	144	
			전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1,689	15,455	
	기타 비 산업용 도장공정	324				
	세정시설	금속 세정공정	116	금속 열처리업	40	155
				도금업	83	308
		전자부품 제조	145	전자부품 제조업	576	3,824
		기타 산업용 세정공정	33	자동차 및 트레일러 제조업	179	752
세탁시설	세탁(드라이크리닝)	3,926	산업용 세탁업	68	404	
			가정용 세탁업	6,208	10,150	
기타유기 용제사용	인쇄업	7,082	경 인쇄업	1,494	5,119	
			스크린 인쇄업	741	2,499	
			오프셋 인쇄업	2,374	9,954	
			기타 인쇄업	843	4,014	
	가정 및 상업용 유기용제사용	26,024				
아스팔트 도로 포장	331					

대기오염 방지시설 종류 및 분류

현재까지 알려진 대기오염 방지시설은 크게 입자상 물질 처리장치와 가스상 물질 처리장치로 나눌 수 있으며 대기 환경보전법 시행규칙 제6조 및 [별표 4]에서는 대기오염

방지시설을 <표 4>와 같이 정의하고 있으며 제거원리에 따라 16가지 시설로 분류한다.

표 4. 대기오염방지시설(대기환경보전법 시행규칙 [별표 4])

구분	분류	종류	비고
입자상 오염 물질 처리장치	1. 중력집진시설	- 중력집진기	방지시설에는 대기오염물질을 포집하기 위한 장치(후드), 오염물질이 통과하는 관로(덕트), 오염물질을 이송하기 위한 송풍기 및 각종 펌프 등 방지시설에 딸린 기계·기구류(예비용 포함) 등을 포함한다.
	2. 관성력집진시설	- 충돌식 집진장치 - 반전식 집진장치 등	
	3. 원심력집진시설	- 층류 사이클론(Laminar flow cyclone) - 난류 사이클론(Turbulent flow cyclone)	
	4. 세정집진시설	- 유수식 세정집진시설 - 가압수식 세정집진시설 - 회전식 세정집진시설 - 원심력 세정집진시설 - 벤츄리 세정집진시설	
	5. 여과집진시설	- 진동탈진방식(Shaking) - 역기류 탈진방식(Reverse air) - 충격기류 탈진방식(Pulse-jet) 등	
	6. 전기집진시설	- 건식 전기집진장치 - 습식 전기집진장치 등	
	7. 음파집진시설		
가스상 오염 물질 처리장치	8. 흡수에 의한 시설	- 흡수탑/스프레이 탑 (8) - 흡착탑/연속 흡착장치/고정층 흡착장치(Fixed bed absorber) (9) - 소각 및 열처리/열소각장치/촉매식소각장치/촉매 연소법(RCO)/축열식연소법(RTO) (10, 11) - 배연탈황장치 등(8, 11) - 충전탑(8, 9, 13, 14) - 선택적촉매환원법(SCR) (11) - 선택적무촉매환원법(SNCR) (13) - 저녹스버너(15)	
	9. 흡착에 의한 시설		
	10. 직접연소에 의한 시설		
	11. 촉매반응을 이용하는 시설		
	12. 응축에 의한 시설		
	13. 산화·환원에 의한 시설		
	14. 미생물을 이용한 처리시설		
	15. 연소조절에 의한 시설		
16. 위 제1호부터 제15호까지의 시설과 같은 방지효율 또는 그 이상의 방지효율을 가진 시설로서 환경부장관이 인정하는 시설			

대표적인 입자상오염물질 제거를 위한 방지시설로는 세정집진시설, 여과집진시설, 전기집진시설 등이 있으며<그림 1>, 가스상 오염물질을 제거하기 위한 방지시설로는 흡수시설, 흡착시설, 산화시설, 연소시설<그림 2>이 대표적이다.¹⁾²⁾ 각각 방지시설의 장단점을 확인하여 제거하고자 하는 타깃 오염물질을 없애거나 줄이기 위해 선정할 수 있다.

대기오염 신기술 현황

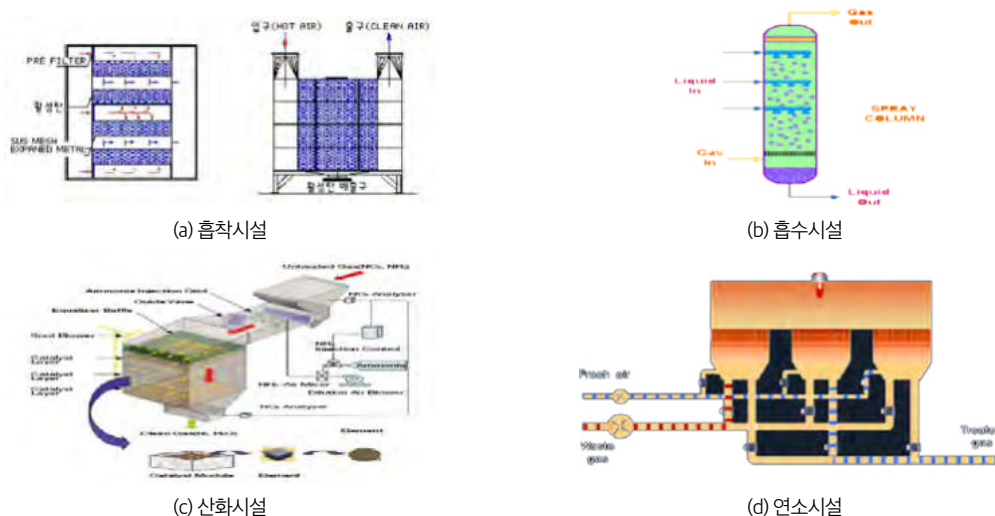
이처럼 현재 대기오염 방지시설은 많이 개발 되었고, 사업장에 적용되고 있지만, 대규모사업장 중심의 대기오염

방지시설이 대부분이다. 하지만 소규모 배출원은 배출구가 없고, 사업장 부지가 협소하며, 환경전문인이 부재하는 등 대규모 사업장에 적용되는 방지시설을 그대로 활용하기 어려운 실정이다. 최근 여러 연구자들은 아래와 같이 대기오염 저감을 위한 신기술을 개발하고 있지만, 여전히 상용화하여 소규모배출원에 적용 및 관리 가능한 기술은 미흡한 실정이다. 따라서 소규모 배출원 맞춤형 저감기술 개발이 도입되어 적용된다면 생활주변 대기오염 및 미세먼지감축에 기여할 수 있을 것이다.

그림 1. 입자상 오염물질 방지시설 종류



그림 2. 가스상 오염물질 방지시설 종류



- 1) 환경부, 대기오염물질 배출시설 인-허가 업무 가이드라인 개정판, 2020
- 2) 국립환경과학원, 소규모 대기배출사업장(4, 5종) 배출원 조사, 2018

휘발성유기화합물 저감 기술 개발

한국화학연구원에서는 생활권 배출원인 도장시설, 주유소, 세탁소, 인쇄소 등에서 주로 배출되고 있는 휘발성유기화합물 저감을 위한 흡착제 재생이 가능한 능동형 저감 시스템을 개발하고 있다.³⁾ 기존의 흡착법의 경우 낮은 온도에서 다양한 대기오염물질에 적용할 수는 있으나, 주기적인 흡착제 교체가 필요한 단점을 가지고 있다. 흡착제 교체는 비용의 문제뿐 아니라, 사업장에서 직접 관리를 해 주어야 하지만, 적절한 교체 시기를 지키지 않아, 제 기능을 하지 못하는 경우가 많다. 따라서, 본 개발에서는 흡착제를 촉매 재생 시스템과 결합하여 설비 내에서 흡착제 재생이 가능한 능동형 저감 시스템을 개발하고 있다. 자동 재생 운전으로 흡착제 교체가 필요 없고 관리가 쉬우며 설비 크기를 줄일 수 있는 단점을 가지고 있다.

미세먼지 저감 기술 개발

한국에너지기술연구원은 물에 고전압을 걸어 초미세먼지, 부유세균 및 휘발성유기화합물을 동시에 저감 시킬 수 있는 정전분무식 차세대 공기 청정 기술을 개발하였다.⁴⁾ 연구진은 미세먼지와 물방울의 직접 충돌과 정전기적 인력에 의한 간접 충돌을 모두 이용할 수 있는 정전분무를 이용해 높은 집진효율을 갖는 공기 청정 기술을 개발하였다. 개발된 기술은 필터를 사용하지 않으므로 기존 여과식 공기청정기가 지닌 높은 압류에 따른 팬 소모동력 증가 및 주기적인 필터의 교체 비용에 대한 부담을 덜어줄 수 있어 다양한 배출원에 적용 가능할 것으로 보인다.

Passive SCR 기술 개발

2021년 산업통상자원부가 시행하는 과제에 따르면⁵⁾ 미세먼지 전구체 동시 저감용 가변적 Passive SCR 기술 개발이 진행 중이다. 미세먼지 전구체인 질소산화물과 황산화물 저감 한계로 휘발성유기화합물의 사용량이 높은 소규모 배출원인 4~5종 사업장의 관리가 어려움을 겪고 있다. 도장시설, 인쇄업, 세탁시설에서는 휘발성유기화합물과 함께 일산화탄소, 질소산화물이 동시 발생하여 주로 흡착설비 위주의 방지시설을 운영하고 있으나 운영비가 많이 소요되므로 실효성이 낮은 것으로 알려져 있으며, 소량 배출 시설에서도 낮은 운영비로 사용 가능한 저감 촉매 기술 및 시스템 개발이 필요한 실정이다. 이에 따라, 배기가스 내 환원제를 이용한 휘발성유기화합물, 질소산화물 동시 제거용 촉매 시스템 개발 중이다.

3) NEWS & INFORMATION FOR CHEMICAL ENGINEERS, Vol. 38, No. 3, 2020

4) The Science Times, "물방울로 초미세먼지 정화한다", 2021.05.07일자

5) 산업통상자원부, 2021년 제조분야 온실가스 미세먼지 동시저감 기술개발 RFP, 2021



맺음말

서울은 도심지 특성상 생활권 주변에 대기오염 배출 가능시설이 다수 존재하고, 주거시설과 혼재되어 있어, 이를 개선하기 위한 맞춤형 정책 수립이 유도되고 있다. 이를 위해서는 우선 생활권 대기오염 저감 방안 및 대책 마련을 위해 서울시 생활권 소규모 배출원의 배출 현황

파악과 조사가 필요하고, 특히 배출원별 또는 배출성분별 맞춤형 대기오염 저감기술을 개발하여 적용하고, 기술적 저감 가능성을 파악하여 생활권 대기오염 배출을 최소화할 수 있는 지원 및 관리 방안이 마련되어야 한다. [s.t](#)



스마트 안개 추돌사고 예방 기술

김경원 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

도로에서 운전을 하다 보면 안개로 인한 추돌사고가 발생할 때가 있다. 이러한 추돌사고를 막기 위해 기상청에서는 안개 정보를 제공하는데, 안개 발생 도로 구간이 기상관측소에서 멀리 떨어진 경우, 현장 안개 상황과 다른 관측 결과가 발생되기도 한다.



안개 영상 감지 기술의 대두

도로에서 발생하는 재난 중 하나는 안개로 인한 추돌사고이다. 안개 추돌사고 예방을 위해 필요한 생산정보는 안개 발생 구간, 안개 발생 시각 및 안개 강도, 안개 강도 변동 구간 및 시각, 안개 소멸 시각으로써 효율적인 안개 추돌사고 대응을 위해 대상자에게 신속하게 전파할 수 있는 관제 체계의 구축이 수반되어야 한다. 정부는 지난 수십여 년간 안개 추돌사고에 대응하기 위해 국토교통부, 기상청, 경찰청 등 관련 부처를 중심으로 도로, 교량, 터널 등에 안개찾은지역을 지정하여 도로안내 시설인 안개시선유도등, 안개주의 표지판 및 안개시정표지, 안개시정노면표시 등을 설치하여 운영하고 있으며, CCTV의 영상정보를 활용하여 안개 상황을 확인해 왔다. 이와 달리, 기상청의 안개 정보는 지정된 기상관측소에서 제공하므로 안개 발생 도로 구간이 기상관측소에서 멀리 떨어진 경우, 현장 안개 상황과 다른 관측 결과가 발생되기도 하여 현장 중심 정보 수집의 중요성이 부각되었으며, 이를 구현할 수 있는 방안으로 실시간 현장을 가장 현실적으로 파악할 수 있는 CCTV 영상을 이용한 안개 감지 기술이 대두되었다.

안개 추돌사고 감지 기술의 특징

안개로 인한 추돌사고 감지 기술은 1차사고 예방을 위한 안개 감지 기술과 2차사고 예방을 위한 차량사고 감지 기술로 대별된다. 안개 감지는 안개 강도에 따라 위기수준 관심, 주의, 경계, 심각의 4단계로 구분하며 시정거리를 척도로 판정한다. 시정거리가 250m 미만인 주의 단계부터 통행속도의 20%를 제한하며, 시정거리가 100m 미만인 경계 단계부터는 통행속도를 50%까지 제한한다. 안개 강도 위기수준별 판단기준과 속도제한 사항을 <표 1>에 요약했다.

표 1. 안개 강도 위기수준별 판단기준 및 속도제한(김경원, 2021)

위기수준	시정거리	판단 참고기준	속도 제한
관심	250m 이상 1,000m 미만	관내 안개예보 발생 시	
주의	100m 이상 250m 미만	관내 안개특보 발생 시	통행속도 20% 제한
경계	50m 이상 100m 미만	경미한 교통사고 발생 시	통행속도 50% 제한
심각	시정거리 50m 미만	중대 교통사고 발생 시	통행속도 50% 제한

따라서, 영상분석을 통해 시정거리를 측정할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 2차원 영상 화면에서 시정거리는 원근감에 의해 화면의 위쪽이 멀고 아래쪽이 가까운 특징을 지닌다. 이러한 특징은 카메라의 위치, 화상 크기변화 기능(Zoom), 도로의 굴곡, 경사 등에 영향을 받기 때문에 이를 반영하여 화상에서 시정거리를 측정할 수 있는 영상 분석 기술이 개발됐다. 스마트 안개감지시스템(Smart Fog Detection System: FDsmart)은 설치된 CCTV 카메라를 원격 수신하여 안개를 감지하는 측정 장치로서 안개 영역을 표시하고, 안개 발생 및 소멸, 강도 위기수준 변화 시각과 횟수를 표시하는 기능을 지니고 있다.

2차사고 예방을 위한 차량사고 감지 기술은 차량의 충돌음, 경적음, 급정거음 등의 이상음원을 감지하여 추돌사고 발생 구간과 시각을 기록하는 기술이다. <그림 2>와 같이 일반적인 환경소음으로부터 차량사고의 특징을 지닌 이상음원의 데시벨, 파형 등 민감도 분석을 기계학습 기반으로 실시하여 충돌음, 경적음, 급정거음 등의 사고 특징 음원을 분류하고, 오탐지 유발 원인을 제어하기 위한 노이즈 제거 기능을 탑재한다. 차량사고 감지시스템은 안개 감지 장치가 설치된 도로 구간에 일정 간격으로 설치되어 안개로 인한 추돌사고 발생 시각을 기록하고 사건 영상을 저장한다.

그림 1. 스마트 안개감지시스템(FDsmart) 장치 사진 및 기능



그림 2. 차량사고 감지시스템 및 감지 방법(김경원, 2020)

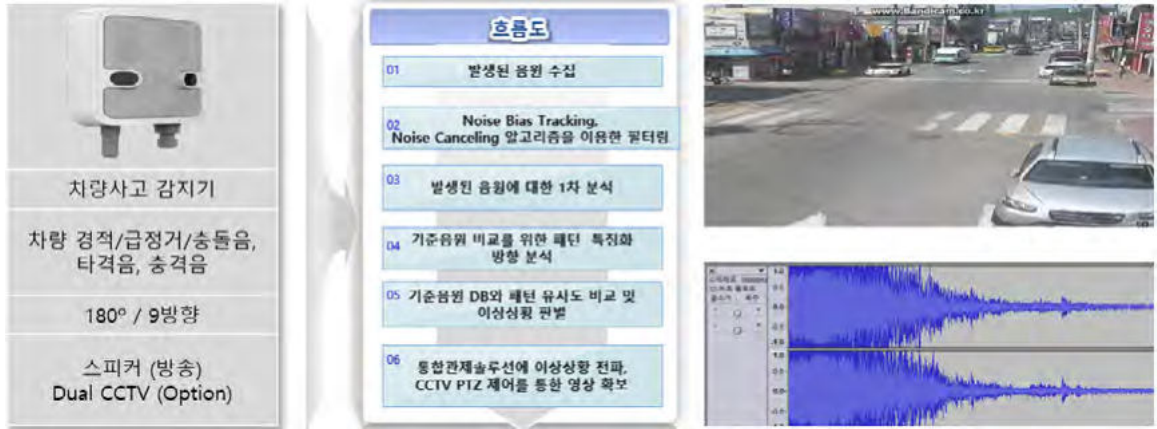


그림 3. 안개 차량사고 통합 관제 기술 구성도(김경원, 2020)



안개 차량사고 통합 관제 기술의 구현

안개 감지와 차량사고 감지를 통합하여 관제하기 위한 기술은 안개감지시스템과 차량사고 감지장치의 영상 및 음원 수신 시각의 동조, 표출 정보의 설정 공유, 기록 및 저장 정보의 공유로 대별할 수 있다. 통합운영 프로그램의 좌상단에는 차량사고 감지시스템으로부터 감지된 음원 분류를 표시하고, 우상단에는 안개감지시스템으로부터 감지된 시정거리와, 위기수준 단계를 색상별로 표시한다.

과거에는 도로상에서 발생한 안개를 측정할 수 있는

적절한 방법이 없었다. 스마트 기술의 성장으로 안개로 인한 추돌사고를 통합관제할 수 있게 됨에 따라 도로의 위험요인을 줄여 안전한 운전환경을 확보할 수 있을 것으로 예상된다. [sT](#)

▣ 참고문헌

- [1] 김경원, 2021, 파주안개감시측정소에서 CCTV로 관측된 도로 안개의 강도 측정, 한국대기환경학회지, 37(3), 388-401.
- [2] 김경원, 2020, 위기수준 4단계 안개탐지 및 차량사고 90% 감지 기술 개발, 연차실적계획서



확장현실 기반 몰입형 CCTV 스마트 관제 기술

김준철 / 서울기술연구원 데이터사이언스센터 수석연구원

스마트시티 디지털 트윈 첨단도시 지능형 CCTV 영상관제 기술의 급속한 발전과 맞물려, 메타버스 기반 첨단도시 통합관제플랫폼 구축·운영 필요성이 점차 대두되고 있다. 이는 확장현실 기반 몰입형 CCTV 관제 기술을 메타버스 공간을 통해 다자간 시·공간적 제약을 탈피하여 시인성 높은 모니터링을 가능케 하여 신속한 의사결정 지원이나 확장·혼합현실 기반 원격관제 및 원격지원, 실시간 스마트 정보 알림 기술 등의 솔루션 적용을 통해서, 보다 신속·체계적 대응이 가능하기 때문일 것이다.

스마트시티 디지털 트윈 첨단도시 지능형 CCTV 영상관제 기술의 발전

국내 CCTV 통합관제센터 구축 및 운영은 확대 적용되고 있으며, 방대한 CCTV 전용망을 연결하여 통합적으로 관제함으로써 재난안전, 교통사고, 위급상황 등에 보다 신속히 대응하고 있다. 이에 따라 시민의 생명과 재산을 보호하기 위한 인공지능 기반 지능형 영상관제 솔루션 적용 노력이 다양하게 시도되고 있다. 신경망에 기반한 딥러닝 알고리즘 등을 통해 정확하게 객체를 식별하고, 행동패턴을 인지하여 CCTV 관제 효율성을 향상시키고, 대규모 CCTV 모니터링을 위한 지능형 선별관제 기술을 도입하는 등 CCTV 관제 기술은 급속도로 발전 중이다.

다른 한편으로, 스마트시티 디지털 트윈 구축 및 증강도시를 통해 도시 주요 시설물 관리, 재난 현장 분석·대응, 관광 및 문화재 정보 서비스 등이 5G 시대 선도를 위한 활성화 전략도 추진 중이다. 이와 관련하여 실감형 콘텐츠 산업 기술은 ICT를 기반으로 실제와 유사한 경험 및 감성을 확장하는 실감형 기술로, 문화, 방송, 교육, 의료 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 특히, 언택트 시장 규모가 커지고 소비가 늘면서, 비대면 관련 비즈니스 및 기술이 각광을 받고 있다.

이러한 실감형 콘텐츠를 위한 핵심기술은 크게 VR(Virtual Reality: 가상현실), AR(Augmented Reality: 증강현실), MR(Mixed Reality: 혼합현실), XR(eXtended Reality: 확장현실) 등으로 구분이 가능하며, 다양한 원천기술·인프라 구축 및 고도화 연구가 진행 중이다. 예를 들어, 실제 공간을 VR·AR 콘텐츠에서 활용할 수 있도록 원천기술 확보를 위한 3D 공간정보 구축 기술, 홀로그램 가시화 재현 기술, VR·AR 디바이스 및 몰입감 고도화 기술 등이 진행 중이다. 최근에는 스마트시티 디지털 트윈에서 메타버스(Metaverse)로의 연계 혹은 확장이 쟁점화되고 있다.



그림 1. 지능형 CCTV 선별관제 기술 필요성 및 개념도

AS-IS (수동) 수 많은 CCTV 속에서 객체 찾기가 쉽지 않음			TO-BE (자동) 대규모 CCTV 관제 업무 효율화		
모니터링의 한계 <ul style="list-style-type: none"> 다수의 CCTV를 직접 육안으로 확인하여 대응하기 위해서는 빠른 판단과 현장 확인이 필요하지만 육안 관제 모니터링의 한계 존재 	수동조작의 한계 <ul style="list-style-type: none"> 추적하고자 하는 객체의 수에 따라서도 다수의 창소에 대한 모니터링 확인과 대응이 필요하지만 물리적인 한계 존재 	업무자사의 한계 <ul style="list-style-type: none"> CCTV화면만으로 변화하는 상황에 대한 명확한 지시를 내리기에 한계 존재 	영상분석 <ul style="list-style-type: none"> 다수의 CCTV 영상 실시간 처리를 위한 분석 기법 최적화 컴퓨터 비전 영상 분석 + 딥러닝 기술 적용 	이벤트 관리 및 분배 <ul style="list-style-type: none"> 이벤트 우선 순위 설정 이벤트 스케줄링 이벤트 분배 	운영자 우주 환경 제공 <ul style="list-style-type: none"> CCTV 중요도에 따른 이벤트 영상 표출 최적화 UI/UX 카메라 위치 정보에 기반한 모니터링 우선순위 카메라 영상 표출

그림 2. 확장현실 기반 몰입형 CCTV 스마트 관제 기술 개념도



표 1. 확장현실 기반 몰입형 CCTV 스마트 관제 기술 구현을 위한 주요 기술요소들

기술 분야	기술 설명
컴퓨터 그래픽스	모델링, 렌더링, 영상합성, 시뮬레이션, GPU 응용 기술 등
컴퓨터 비전	캘리브레이션, 2D/3D 객체생성 및 매핑, 객체 추적 및 인식, 모션 및 패턴 검출 기술 등
VR·AR·MR·XR	실상공간과 가상공간 정합, 가시화 및 시뮬레이션, 다자간 원격 상호작용, 위치/동작 인식 및 추적 기술 등
융복합 응용 서비스 및 플랫폼	인공지능, 빅데이터, 데이터 사이언스, 메타버스 등

확장현실 기반 몰입형 CCTV 관제 기술 개발 및 고도화 필요

스마트시티 디지털 트윈 첨단도시 지능형 CCTV 영상관제 기술의 급속한 발전과 발맞추어, 메타버스 기반 첨단도시 통합관제플랫폼 구축·운영 필요성이 점차 대두되고 있다. 이는 확장현실 기반 몰입형 CCTV 관제 기술을 메타버스 공간을 통해 다자간 시·공간적 제약을 탈피하여 시인성 높은 모니터링을 가능케 하여 신속한 의사결정 지원이나 확장·혼합현실 기반 원격관제 및 원격지원, 실시간 스마트 정보 알림 기술 등의 솔루션 적용을 통해서, 보다 신속·체계적 대응이 가능하기 때문일 것이다. <그림 2>는 확장현실 기반 몰입형 CCTV 관제 기술의 개념도를 보여준다.

확장현실 기반 CCTV 스마트 관제 기술 구현을 위해서는 <표 1>과 같이 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전 등의 기술요소들이 필요하며, 인공지능, 빅데이터, 데이터 사이언스 및 메타버스 등 융복합 응용 서비스 및 플랫폼 등을 활용한 솔루션 개발이 가능할 것이다. 이와 관련하여, 서울기술연구원은 스마트 관제 기술 발전 방향에 선제

대응하고, 최첨단 관제 기술 개발과 고도화를 위해, 서울시 한강교량 CCTV 통합관제센터와 협업을 통해 안전사고 및 투신사고에 대한 보다 체계적 대응을 위한 확장현실 및 인공지능 기반 CCTV 관제 기술 적용방안 연구를 지속해서 수행하고 있다. [sit](#)

▣ 참고문헌

- [1] 한강교량 CCTV 영상감시 통합관제체계 고도화, 2021, 서울기술연구원
- [2] 서울 대도시권 데이터 사이언스 체계 구축방안, 2020, 서울기술연구원
- [3] 데이터 사이언스 기반 한강교량 지능형 CCTV 선별관제 적용방안, 2020, 서울기술연구원
- [4] CCTV에 나타난 범죄 상황 인식 기술개발, 2020, 서울기술연구원
- [5] 서울기술연구원 지능형 데이터 분석환경 구축방안 연구, 2019, 서울기술연구원
- [6] 실감형 콘텐츠 산업 기술분석과 서비스 플랫폼 산업별 구축전략, 2020, 지식산업정보원 R&D정보센터

NEW TECHNOLOGY + 01

인공지능 유망 기술 동향

염창열 / 정보통신산업진흥원 AI전략팀 팀장

딥러닝 기반의 인공지능 기술은 우리 삶 곳곳에서 다양한 분야에 활용된다. 이러한 인공지능 관련 기술과 서비스는 인간의 삶의 질을 향상시키며 미래 사회에 긍정적인 영향을 가져다줄 것으로 보인다.



1. 서론

알파고와 이세돌의 바둑 대결 이후 딥러닝 기반의 인공지능 기술은 우리 삶 곳곳에 스며들고 있다. 인공지능 기술은 시스피커, 쇼핑물 상품 추천, 검색, 식품관리, 농·공산품 생산, 생산품 품질관리에 이르기까지 다양한 분야에 활용된다. 이러한 유명세를 반영하듯 유명 시장 전망 기관 등에서는 현재와 미래에 유망한 인공지능 기술과 서비스 전망을 매년 발표한다. 작년 말에서 올해 초 사이에도 포브스(Forbes), MIT Technology Review, IDC, CES 등 6개 기관(아래 표 참조)에서 인공지능 관련 기술·서비스를 발표하였기에 본고에서는 이렇게 발표된 기술 중 중복 언급된 기술 등 중요도가 높다고 생각되는 7대 기술·서비스 전망에 대해서 소개하도록 하겠다.

2. 인공지능 유망 기술·서비스 소개

2-1 AI칩

인공지능, 특히 딥러닝을 연산하기 위해서는 주로 GPU와 같은 컴퓨터 반도체를 활용하고 있다. GPU의 발전은 오늘날 인공지능을 있게 한 주요 요소 중 하나이기도 하다. 하지만 전 세계적으로 GPU를 생산하는 기업이 NVIDIA 등 한두 개로 제한적이고이다. 또한 GPU가 게임, 그래픽 처리, 블록체인

연산 등 다양한 기능을 범용적으로 지원하기 때문에 인공지능 학습과 추론에 필요 없는 Instruction들이 다수 포함되어 있고, 이에 따른 높은 에너지 사용량, 발열, 비용 등이 문제가 되기도 한다. 이에 전 세계적으로 인공지능 학습, 추론만 전담하여 수행할 수 있는 인공지능 반도체 칩을 개발하려는 움직임이 활발하다. 특히 2016년에 창업한 하버나랩스는 고성능 AI 반도체를 개발했으며 2019년 12월, 인텔이 20억 달러에 인수한 바 있다. 국내에서도 SK텔레콤, 퓨리오사AI, ETRI 등에서 AI 칩(반도체)을 개발하고 있다.

2-2 신뢰성 있는 학습데이터, 인공지능

인공지능은 학습하는 데이터에 따라 그 성능이 달라진다. 예를 들어 챗봇이 학습하는 대화에 욕설, 인격 모독과 같은 내용이 포함되어 있다면 해당 챗봇이 이를 배워서 관리자가 원하지 않은 불쾌한 대화를 이어갈 수 있다. 대표적인 사례가 '이루다' 사건이다. 따라서 학습 데이터를 관리함은 물론 산출물인 인공지능 알고리즘이 신뢰성을 담보하고 있는지 확인할 필요가 있다. 그러나 수많은 학습데이터와 이를 학습한 결과물(AI알고리즘)의 신뢰성을 사람이 일일이 확인하기는 어려울 수 있다. 인공지능을 활용하여 학습데이터에 욕설 등이 포함되어 있는 것을 찾아낸다든지

표 1. 시장조사기관, 온라인 매체(매체) 등의 인공지능 관련 전망 요약

출처	주요 전망	
Forbes (20.12월)	① 데이터의 중요성 ② 업무 자동화 및 효율성 강화 ③ 신뢰성 있는 Data ④ AI+IoT	⑤ AI Infra. Invisible ⑥ 양자컴퓨팅 발전 ⑦ 비대면서비스
MIT Technology Review(21.1월)	① 코로나 대응 ② 자율주행 확대 ③ 정교해진 자연어 처리	④ 양자컴퓨팅 발전 ⑤ 시칩으로 인한 성능 향상
IDC (20.12월)	① AI Explainability (설명가능 AI) ② AI Pervasive (다양한 분야에 AI user case 확산) ③ Revitalized Voice (AI기반 음성 서비스의 강화) ④ AI for Personal (지식노동자의 AI비서 서비스 등 이용 확대) ⑤ AI Edge Computing	⑥ AI Infra. Invisible (Cloud 이용 확대) ⑦ AI Ops (IT 서비스의 AI 도입) ⑧ Education (인력 교육 및 재배치) ⑨ AutoML (자동 AI 개발, 시가 AI 개발) ⑩ AGI (일반적인 인공지능)
CES (21.1월)	① 팬데믹과 함께 급격히 확장되는 디지털 헬스 ② 삶의 모든 영역에서 디지털 트랜스포메이션 지속 ③ '비접촉활동' 로봇과 드론의 발전	④ C-V2X 기술, 자율주행차 등 차량 기술의 큰 성장 예상 ⑤ 초연결 시대로의 성장을 이끄는 5G 연결성 ⑥ 접촉자 추적, 팬데믹 현황, 비대면 공공시설 등 스마트 시티 관련 기술 지속 요구
Interesting Engineering (20.11월)	① 윤리 인공지능 수요 증가 ② 인공지능 챗봇	③ 신뢰할 수 있는 인공지능 데이터 개발 노력 ④ 직장 내 인공지능 기반 자동화 확장 요구 증대
Analytics Insights (20.9월)	① IPA (지능형 프로세스 자동화) 구현 ② 시칩으로 성능 향상 ③ 데이터 고속도로 진화 ④ 사이버 보안과 데이터유출 방지책 ⑤ 하이브리드 업무인력 출현	⑥ 비즈니스 프로세스를 위한 모니터링 ⑦ 자동화 기계학습 및 데이터 과학자 부상 ⑧ 양자(Quantum) AI ⑨ 개인화된 대화형 AI ⑩ 사물인터넷(IoT)와 AI 결합

챗봇의 응답에 부적절한 답변이 출력될 경우 이를 자동으로 순화시키는 기능을 개발한다면 사람이 일일이 확인하는 수고를 덜면서 인공지능의 신뢰성 확보에 기여할 수 있을 것이다.

2-3 AI+IoT

과거에는 IoT를 인공지능이 학습하는 데이터를 수집해 주는 도구 정도로만 생각했다면, 지금은 엣지컴퓨팅 개념과 연계되어 간단한 추론은 IoT가 직접 현장에서 해결하고 복잡한 학습이나 추론만 클라우드의 컴퓨팅을 활용하는 기기로 의미가 확대되고 있다. 예를 들어 현장에 설치되어 있는 수많은 CCTV가 단순히 정보만 수집하는 기기 아니라, 정보를 수집한 뒤 현장에서 의사결정까지 하는

엣지컴퓨팅 기기가 된 것이다. 즉 카메라에 들어온 교통위반 내역을 CCTV가 바로 인식하여 경고를 하는 것도 AI+IoT로 가능해졌다. 특히 앞에서 설명한, 추론에만 특화된 저전력의 AI 반도체의 등장이 현장에 설치되는 장비의 배터리, 설치비용 문제를 해결하여 AI+IoT 확산에 크게 기여할 것으로 예상된다.

2-4 대화형 AI

자연어 처리 기반의 대화형 AI는 챗봇, 인공지능 스피커로 상담분야 혹은 가전기기 중 하나로 이미 많이 활용되고 있다. 하지만 이러한 대화형 AI를 활용해본 사람이라면 대화형 AI가 말을 잘 이해하지 못하거나, 엉뚱한 답변을 하는 상황을 경험해 보았을 것이다. 이러한 자연어 처리에 좀 더



정교한 학습모델이 접목되어 지금보다 더욱 자연스러운 대화가 가능해질 것이라는 전망이다. 기존에 활용되는 언어모델보다 10배 이상 큰 1,750억 개 매개변수를 지닌 GPT-3를 미국 오픈AI에서 개발했기 때문인데 이 기술은 정해진 분야에서만 활용 가능한 인공지능에서 범용적인 인공지능(GAI)로 넘어가는 계기가 될 것으로 전망된다.

2-5 AI Infra Invisible

AI Infra Invisible, 말 그대로 인공지능을 구현하는 서버 등이 클라우드의 활용으로 사용자에게는 보이지 않을 것이라는 의미이다. 개발, 학습은 물론 추론기반 활용에 이르기까지 많은 부분을 클라우드에 의존하게 되면서, 보다 빠르게 인공지능이 확산될 것이라고 여러 기관들은 전망하고 있다.

2-6 자율주행

자율주행은 인공지능이 많이 활용되는 분야로 매년 이슈화되고 있는 분야이기도 하다. 이미 기술적으로는 상당한 완성도를 보이고 있으며 미국에서는 완전

자율주행에 가까운(특정 구간에서 자동화운전이 가능하고 자동화 구간에서 운전주시가 불필요한 수준) 레벨4 형태로 시범운영 중이다. 세계적으로 양산 중인 차량은 자율주행 중 “대부분 운전자 주시가 필요한 레벨3 수준”이 일부 있고 우리나라를 포함해서 레벨2 수준(시스템이 사람의 주행을 돕는 수준)이 가장 보편화되어 있다고 볼 수 있다. 완전 자율주행(레벨5)을 위해서는 기술적인 보완과 더불어 제도적 장치 마련이 더 필요해 보이는 분야이다.


2-7 코로나 등 질병 대응

헬스케어 등 질병 대응도 인공지능이 많이 활용되고 있는 분야이다. 특히 작년부터 코로나19로 인하여 인공지능의 의료분야 활용이 전 세계적으로 더욱 늘어나고 있는 추세이다. OECD보고서에 따르면 의약품 개발, 치료뿐만 아니라 진단, 감염자 추적 등 다양한 부분에 인공지능이 활용되고 있음을 알 수 있다. 우리나라에서도 코로나 예측 등에 인공지능 기술의 시범적 활용을 추진 중이다.

표 2. 인공지능을 활용한 코로나 대응 사례(2020년 OECD 발표자료 요약)

구분	사례
의약품 개발, 치료	<ul style="list-style-type: none"> 딥마인드(DeepMind)와 일부 단체는 COVID-19을 유발 바이러스인 SARS-CoV-2와 관련된 단백질 구조를 예측하기 위해 AI 활용 미국 정부·파트너 기관들을 “COVID-19 Open Research Dataset Challenge”를 통해 2만 9천여 건의 코로나 바이러스와 COVID-19 관련 문건을 공개 COVID-19 High Performance Computing Consortium 및 AI for Health 등 단체에서 IBM, 아마존, 구글 등과 제휴하여 컴퓨팅 파워 기부
탐지, 진단	<ul style="list-style-type: none"> 캐나다 의료창업기업 Bluedot은 AI로 코로나 대유행을 WHO보다 10일, 미국 보다 일주일 빨리 예측 美 시카고에 있는 비영리단체인 Medical Home Network는 호흡기 합병증과 사회적 고립 위험도에 기반하여 COVID-19 위험도가 가장 높은 환자를 식별하는 AI 플랫폼 구현
감시자 추적기반 확산 방지	<ul style="list-style-type: none"> 한국, 중국 등은 위치정보, CCTV 영상, 신용카드 사용기록을 활용 반자중 로봇과 드론이 병원내 긴급 수요 대응을 위해 배치되어 식품·의약품 배달, 청소·소독, 의사·간호사 보조, 장비 배송 등을 수행
개인맞춤식 정보 제공 및 교육	<ul style="list-style-type: none"> 미국 질병관리센터(CDC)와 마이크로소프트는 코로나 자가 점검 서비스를 개발하여 사용자들에게 자가 진단과 후속 행동을 추천 캐나다, 프랑스, 핀란드, 이탈리아, 미국, 미국 적십자 등에서는 챗봇을 활용한 코로나 상담 진행

3. 결론

지금까지 주요 시장전망기관 등에서 발표한 주요 7가지(7가지 주요) 기술·서비스에 대해서 알아보았다. 앞에서 설명한 기술뿐만 아니라 eAI(설명가능 인공지능), 비대면 서비스의 인공지능 활용, 드론/로봇, VTT(Visual Turning Test) 등 많은 인공지능 기술·서비스가 미래 사회에 영향을 줄 것으로 예상된다. 특히 시민을 대상으로 신뢰성 있는 서비스를 제공해야 하고 수많은 CCTV 등 엠티디바이스 관리를 해야 하는 경우에는 xAI(설명 가능 인공지능), 신뢰성 있는 데이터/인공지능, 대화형 AI, AI+IoT 등에 조금 더 관심을 가질 필요가 있어 보인다. 

NEW TECHNOLOGY + 02

이차전지의 미래 : 고성능, 지능형, 친환경 이차전지

송준호 / 산업기술평가관리원 전략기획단 이차전지PD

이차전지는 다양한 수요산업의 요구에 따라 고성능, 저가격, 고안전을 위한 배터리 기술 확보 경쟁에 속도를 내고 있다. 미래 이차전지 기술은 현재의 수준 대비 50% 이상 향상이 가능한 고성능, 저가격, 고안전을 위한 다양한 기술 개발이 필요할 것으로 예상된다.



배터리 기술 확보 경쟁 가속화

전기차시장의 성장을 발판으로 연평균 20% 이상의 고성장을 통해 2030년 400조 원 이상의 시장을 예상하고 있는 이차전지산업은 5~10년 이상의 기술 축적이 매우 중요하고, 고급 연구개발 및 생산인력이 중요한 기술집약적 산업으로 한·중·일과 같이 장기간 공정관리 및 전지설계기술을 축적해온 국가들이 시장을 주도하고 있다. 또한 전지 생산을 위해서는 초기 대규모의 기술 및 설비 투자가 필요하며, 일정 규모 이상을 생산해야 규모의 경제 실현이 가능하기 때문에 자본집약적 산업이라는 특징이 있다.

특히 최근에는 전기차 제조사의 요구, 물류비용 절감 등을 고려하여, 수요지 인근에 생산시설 건설의 필요성이 증가하고 있어, 기존 전지사들은 시장 선점을 위한 글로벌 진출을 추진 중이며, 공격적으로 설비투자 확대 경쟁을 진행 중이다. 또한

한·중·일 대비 전지산업 진출이 늦어진 미국 및 유럽 신규 업체들도 대규모의 투자를 진행 중에 있다.

이차전지는 다양한 수요산업의 요구에 따라 고성능, 저가격, 고안전을 위한 배터리 기술 확보 경쟁이 가속화되고 있다. 상용 리튬이온전지의 고도화 및 차세대전지 개발을 통한 고에너지밀도 개발 경쟁이 진행 중이며, 모듈 및 팩의 생산공정 효율화 및 규모의 경제로 배터리 단가가 지속적으로 하락하고 있다. 이에 최근에는 ESS, 전기차 화재 발생에 따른 국내외 리콜 사례 증가로 인해 안전한 배터리의 요구가 급격히 확대되고 있는 현실에 있다. 따라서 미래 이차전지 기술은 현재의 수준 대비 50% 이상 향상이 가능한 고성능, 저가격, 고안전을 위한 다양한 기술 개발이 시급히 필요하다고 판단된다.

표 1. 이차전지 개발 목표 사례 (출처 : 2030 이차전지 산업발전전략)

	고성능			저가격	고안전
	에너지밀도	주행거리	충전속도		
현재 ↓ 미래	250~300Wh/kg ↓ 350Wh/kg 이상	300~400km ↓ 600km 이상	30~40분 ↓ 15분 이내	137불(20) ↓ 60불 이하(30)	외부감지, 발화지연 ↓ 자가 진단 및 치유

유럽에서도 「BATTEY 2030+」 전략을 수립하여, 지속 가능하고 친환경적인 배터리를 개발하여 유럽이 기후중립 사회에 진입할 수 있도록 하는 대규모의 장기 유럽 연구개발 계획을 수립하였으며, 이에 기술적으로는 장기 수명, 저렴한 가격, 지속 가능성, 친환경성 및 안전성을 갖춘 초고성능의 배터리 개발을 목표로 하고 있다.

고성능 이차전지

현재 상용 리튬이온전지는 1991년 일본 소니사가 세계 최초로 상용화한 이후로 약 4배에 가까운 성능 개선에 성공하였다. 그러나 에너지밀도 측면에서 기술적 한계에 접근함에 따라 이를 극복할 수 있는 고용량·고성능의 차세대이차전지 기술 개발의 필요성이 갈수록 증가하고 있으며, 이러한 기술에는 고체전해질, 리튬금속 등 혁신 소재 및 이를 사용하기 위한 제조공정이 필요하나, 기술적 난이도가 매우 높아 성능 구현이 매우 어려운 것이 현실이다.

특히 상용 리튬이온전지의 후발주자인 미국, 유럽에서는 신소재 혁신형 차세대전지에 역량을 집중, 나노기술이

접목된 실리콘 음극 등 원천기술에 기반한 스타트업 기업이 활성화되어 있어, 기존 상용 리튬이온전지 업체를 긴장시키고 있다. 다만 현재에는 시제품 수준의 성능 검증이 본격화 중이며, 제조공정성, 품질 신뢰도, 가격경쟁력 등 제품화기술에서의 난제는 아직 해결이 필요하기 때문에, 전고체전지 등의 차세대전지 시장 개화 시기는 2030년 이후로 예상하고 있다.

이와 같이 이차전지분야의 미래기술 주도를 위해서 전 세계적으로 다양한 기업들의 차세대전지 개발 경쟁이 진행 중이며, 기존 상용 이차전지의 적용영역을 확장시킬 수 있는 특수 분야(영하 30도 이하의 극저온환경 및 100도 이상의 고온 환경 등)부터 적용될 것으로 전망하고 있다.

지능형 이차전지

이차전지가 보다 고성능화됨에 따라 안전성에 대한 이슈가 증가하고 있으며, 많은 에너지를 담고 있는 배터리 특성상 100% 안전을 보장하는 기술 개발에는 많은 노력이 필요한 것이 현실이다. 이에 이차전지 시장 확대와 더불어

그림 1. 기업별 차세대전지 개발 경쟁 사례 (출처 : 전지산업협회 2021)

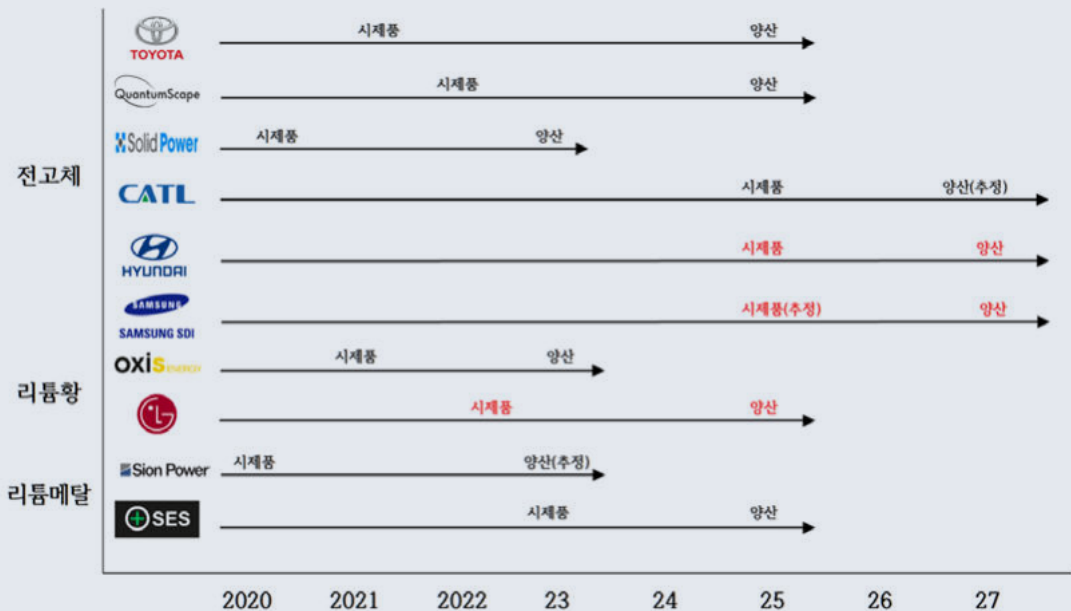


그림 2. 지능형 배터리 기술개발 사례(출처 : BATTERY 2030+)

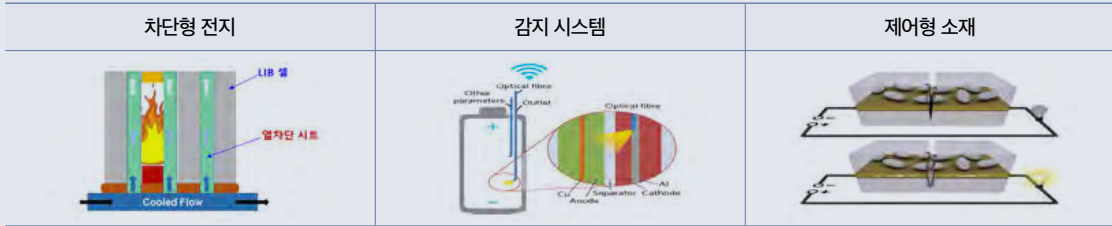


표 2. 유럽의 폐배터리 재활용 목표(출처 : 유럽 집행위원회 '20. 12)

재활용 효율성 목표	2025년	65% (배터리의 평균 중량 중 재활용 비율)			
	2030년	70% (배터리의 평균 중량 중 재활용 비율)			
재활용 재료회수율 목표	재활용 재료	Co	Ni	Li	Cu
	2030년	90%	90%	35%	90%
	2035년	95%	95%	70%	95%
재활용 재료사용율 목표	주요 재료	Co	Ni	Li	-
	2025년	12%	4%	4%	-
	2030년	20%	12%	10%	-

사용상의 안전성, 편의성 및 신뢰성 향상을 위한 배터리의 지능형 관리체계 구축의 필요성이 대두되고 있다. 또한 배터리가 이상 거동을 할 경우에 이를 자가 감지하고, 화재 등의 사고 시 일차적으로 이를 자가 억제하는 등의 새로운 방향성에서의 배터리 기술 개발이 요구되고 있으며, 특히나 장기간 사용이 필요한 분야에서는 성능 열화 시 자기 치유 기능까지 배터리 기술의 확장이 가능할 것으로 전망되고 있다. 이러한 지능형 제어·관리를 통해 배터리 사용에 있어서의 안전성을 제고하고, 이를 통해 사용 후 배터리의 2nd life 시장 창출도 모색이 가능할 것으로 기대하고 있다.

친환경 이차전지

특히 전기차 사용에 따른 탄소배출 저감에 매우 중요한 역할을 차지하고 있는 이차전지는 사용량이 급격히

확대되고 있으며, 니켈, 코발트, 리튬 등 희유금속 사용에 따른 환경 문제 이슈로 인해, 제조과정에 있어서도 친환경성을 제고하기 위한 노력이 시작되었다. 유럽 집행위원회에서는 2020년 12월 발표에서 2025년까지 산업용 및 전기차용 배터리의 탄소배출량 공개를 의무화했으며, 2030년까지는 시장 출시 조건으로서 배터리에 대한 탄소배출량 성능 등급 및 최대 탄소발생량 한계 규정을 도입하기로 하였다. 또한 보다 세부적인 내용으로 사용이 종료된 페리튬배터리의 재활용 효율성 목표 및 이를 통한 재료회수율 및 재활용 원료 재사용을 목표를 다음과 같이 제시하고 있다.

우리나라 전지사에서 제조, 판매되는 배터리의 경우에는 대부분이 미국, 유럽 등에 수출되기 때문에, 배터리 제조 과정에 있어서의 탄소배출량, 폐배터리 재활용과 관련된 전



세계적인 규제에는 선제적 대응이 시급히 필요한 실정이다. 따라서 단기적으로는 전기 및 소재부품 제조에 사용되는 에너지 중에 전기에너지 사용을 보다 친환경적인 신재생에너지 사용으로 전환(RE100)하고, 장기적으로는 보다 친환경적인 소재 또는 제조방식 도입을 통한 에너지사용량 및 탄소 배출량 저감이 필요하다.

우리나라는 리튬이차전지기술을 통해 고성능 배터리 분야 세계 1위 기술을 보유하고 있다. 2030년 이차전지 글로벌 시장 선도를 위해서는 이러한 기술적 우위를 유지하고, 특히 차세대전지 분야 소부장 밸류체인 확보를 통한 고성능 배터리 및 소재부품장비기술을 고도화하고, 동시에 고성능 이차전지를 보다 안전하게 2nd life까지 사용할 수 있는 지능형 배터리 및 진단관리기술을 확보하며, 친환경 자원 재순환을 위한 이차전지의 제조부터 폐기까지의 저탄소 배출이 가능한 친환경 배터리 및 재활용 기술 개발에 집중하여야 한다. 이를 통해 미래

배터리 사회는 친환경적으로 제조한 고성능 이차전지를 지능화하여, 보다 안전하게 사용자가 믿고 사용할 수 있는 환경 구축이 가능할 것이다. [sit](#)

NEW TECHNOLOGY + 03

텍스트 마이닝을 활용한 토목분야 연구 토픽 분석

박준용 / 서울기술연구원 도시인프라연구실 전임연구원



서론

토목에서 다루는 연구 분야는 구조, 콘크리트, 지반, 도시계획 등 상당히 다양하다. 여기에 세부 분야별로 AI, IoT, 빅데이터 등 4차 산업혁명과 관련된 연구 분야까지 융합되어 연구의 방향이 더욱 다양해지고 복잡해지고 있다. 이 때문에 토목뿐만 아니라 다른 분야에서도 최신 연구 동향을 파악하기 위한 연구도 활발히 수행되고 있다(1)~4).

연구 동향을 파악하기 위해서는 전문가 자문 등을 포함하는 정성적 방법과 정량적 방법인 계량서지학방법론이 있고 그중에서도 토픽 모델링 방법이 주로 활용되고 있다(1). 이 연구에서는 2017~2021년도 대한토목학회국문논문집에 수록된 논문들을 대상으로 텍스트마이닝 및 토픽모델링 기법을 활용하여 토목분야 최신 연구 토픽 분석을 수행하였다.

텍스트 마이닝과 토픽 모델링

텍스트 마이닝은 자연어 처리 기술을 활용하여 텍스트 데이터를 추출하고 데이터가 가진 특징, 의미를 찾을 수 있도록 하는 기법을 나타낸다(2). 주로 인터넷에서 원하는 정보를 크롤링 혹은 스크래핑하여 축적하여 사용하며, 축적된 데이터는 불용어 제거 등을 포함하는 전처리 과정을 거쳐 토픽모델링, 감정분석 등의 분석 기법을 통해 분석 결과를 도출한다.

텍스트 마이닝은 자연어 처리 기술을 활용하여 텍스트 데이터를 추출하고 데이터가 가진 특징, 의미를 찾을 수 있도록 하는 기법을 뜻한다. 이에 따라 연구동향 분석뿐만 아니라 검색엔진, 민원 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

텍스트 데이터가 가지는 주제를 추출하기 위해서는 단순히 단어의 빈도만으로는 분석이 어렵기 때문에, 문서 집합에서 텍스트를 분석하여 주제를 추출해낼 수 있는 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 기법이 토픽모델링에서 활발히 사용되고 있다. 특히 단어를 문맥에 따라 분석할 수 있으며 토픽별로 추출된 단어들이 독립성을 갖는다는 측면에서 장점을 가진다(3). 이러한 특징으로 연구동향 분석뿐만 아니라 검색엔진, 민원 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

토목 분야 연구 토픽 분석

토목학회는 우리나라 토목분야 최대 학회이므로 대표성을 띤다고 판단하여 대한토목학회국문논문집에 수록된 최근 5개년 논문을 활용하여 분석하였다. 총 436개의 논문 제목을 추출하였으며, 분석의 편의성을 위하여 영문만으로 작성된 영문제목을 사용하였다.

텍스트 마이닝 단계에서는 Python NLTK 라이브러리를 활용하여 특수문자 제거, 소문자 변환, 단어 토큰화, 불용어 처리를 수행하였다. 불용어 처리에서는 기본적으로 전치사, 접속사와 같은 무의미한 품사를 제거하였고, 추가적으로 연구주제 분석에 활용되지 않는 research, study, method

그림 1. 최적 토픽 수 선정을 위한 일관성지수 산정

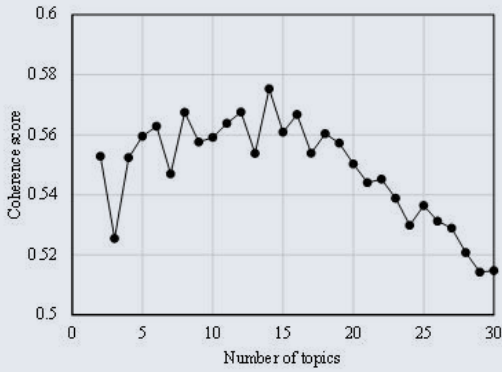
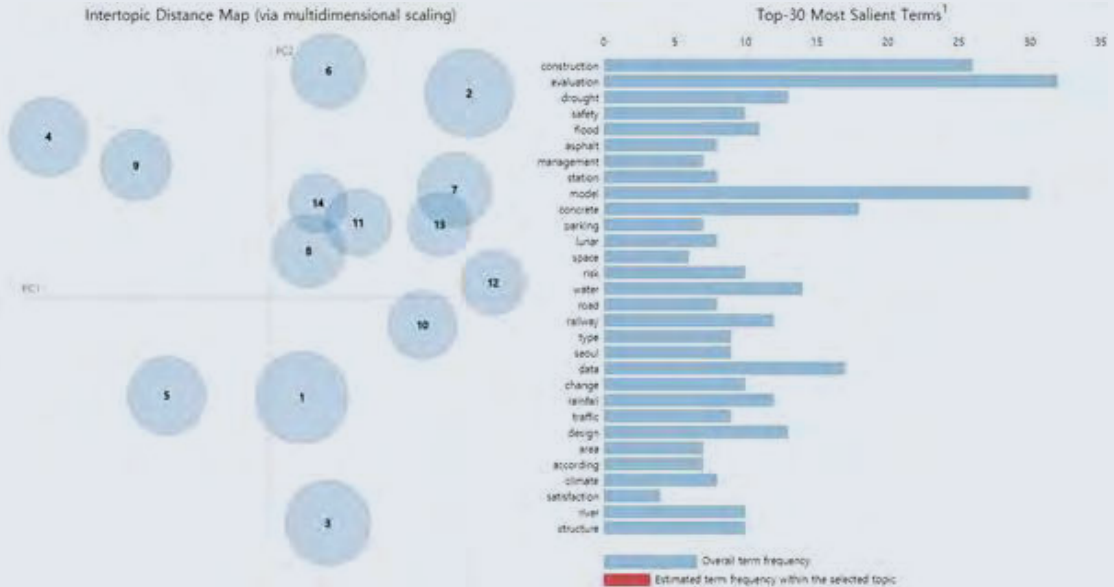


그림 2. 토픽 수 선정을 위한 일관성지수 산정



등의 일반적인 문구 또한 불용어 처리하였다. 불용어 처리 전 전체 단어 수는 5,984개이고, 불용어 처리 후 최종적으로 분석에 활용된 단어 수는 3,807개이다.

LDA 기법을 활용하여 토픽 모델링을 수행하기 위해서는 먼저 사용자가 텍스트 데이터가 갖는 토픽의 개수를 결정해야 한다. 토픽의 개수가 결정되면 LDA는 토픽마다 가장 적합한 단어를 할당하여 결과적으로 토픽별로 단어가 군집화된다. 이때 토픽의 개수를 임의로

가정하기도 하지만, 일관성(Coherence) 지수를 활용하여 설정된 토픽의 개수에 따라 도출된 각각의 토픽과 단어들의 일관성을 비교하여 최적의 토픽 개수를 결정하기도 한다. 이때 일관성 지수는 0에서 1까지의 값을 가지고 큰 값을 가질수록 토픽에 할당된 단어들의 일관성이 높다고 볼 수 있다. 토픽의 개수를 2부터 30까지 고려하여 LDA모델을 도출한 뒤 일관성 지수를 비교한 결과, <그림 1>과 같이 14개의 토픽에서 0.575의 가장 높은 일관성 지수를 보였다.



토목에서 구조공학, 수공학, 교통공학, 도시공학, 지반공학 등 10여 개의 세부분류가 가능한 것을 놓고 보았을 때 합리적인 토픽 수라고 보인다.

14개 토픽에 대한 모델링 결과는 <그림 2>와 같이 포함되는 단어들의 특성에 따라 군집화된 형태로 표현된다. 토픽 1은 전체 단어의 10.8%가 포함되며 construction, data, work와 같은 키워드들이 중심을 이루고 있어 시공단계에서 중장비, 작업자의 안전 및 관리 관련 연구가 많은 것으로 보인다. 토픽 2는 10%를 차지하며 flood, parking, learning, new, drone, detection 등의 단어로 구성된다. 단어의 구성으로만 보면 연관성이 떨어져 보이지만, 단어가 쓰였던 논문의 제목들을 살펴보면 영상데이터 분석, 빅데이터 분석을 활용한 융합분야로 보인다. 토픽 3은 9.3%를 차지하며 climate, change, drought, risk, air 등의 단어가 포함되어 기후변화와 이에 대한 리스크를 분석하기 위한 연구가 많이 수행되고 있음을 알 수 있다. 이외에도 도로시설물의 성능 평가 및 유지관리, 딥러닝등 최신기술과 융합된 교통 안전 관련 연구 등의 연구주제를 확인할 수 있다.

텍스트 마이닝 및 토픽 모델링 기법을 적용하여 토목학회 국문논문집에 수록된 논문들의 연구 주제를 분석해 본 결과, 단어들의 조합만으로 세부분야가 많은 토목분야의 연구주제들이 대략적으로 추정이 되었으며 연구 동향

분석에 도움이 될 것으로 판단된다. 다만, 단순히 군집화된 단어들로만 상세 연구 주제를 추정하기는 생각보다 쉽지 않으며 군집화된 단어들에 사용된 논문을 다시 살펴보는 등의 추가적인 결과 분석이 동반되어야 합리적인 동향 분석이 이루어질 것이다. 그리고 대표성을 갖는 학회지라고 하더라도 샘플의 수가 크지 않다 보니, 연도별 유행하는 연구주제 분석, 특정키워드의 연도별 지분율 추이 등 다각적 분석이 어려웠다. 다각적, 심층적 분석을 위해서는 충분한 샘플이 확보되도록 분석계획을 잡는 것 또한 중요하다.⁵⁷

57 참고문헌

- [1] 이유빈, 이영호, 성장창, 애나 스타네스쿠, 지상훈, 황철수. (2020). 계량적 모델을 통한 지리학 연구의 최신동향 및 토픽 분석, 대한지리학회지, 55(6), 589-599.
- [2] 박홍진. '인공지능', '기계학습', '딥 러닝' 분야의 국내 논문 동향 분석. 한국정보전자통신기술학회 논문지 13.4 (2020): 283-292
- [3] 신명선, 조경원. (2019). 텍스트마이닝을 활용한 한국어언어치료학회의 토픽 모델링 및 트렌드 분석.(2002~2018), 언어치료연구, 28(3), 81-91.
- [4] 김성연. (2020). 텍스트마이닝 기법을 활용한 미국산업응용수학 학회지의 연구 현황 및 동향 분석, 한국콘텐츠학회논문지, 20(7), 212-222.

절삭수 순환을 통한 친환경 도로 그라인딩 공법

최하진 / 숭실대학교 건축학부 조교수

김종찬 / 서울기술연구원 생활환경연구실 수석연구원

다이아몬드 그라인딩은 과거 도로 유지보수 공법으로 사용되었다. 이 공법은 다이아몬드와 같은 강한 재질의 블레이드가 장착된 그라인딩 장치를 이용하여 표면을 절삭해 미세한 홈을 형성하는 것을 말한다. 콘크리트 도로 포장에 마이크로 그루빙 홈을 형성하는 방법은 건식 그라인딩 공법과 습식 그라인딩 공법이 사용되고 있다.



노후화된 콘크리트 포장 도로의 보수를 위한 그라인딩 공법

콘크리트 포장은 일정 기간 이상 공용 후 포장의 노후화가 진행됨에 따라, 적절한 시기에 효과적인 보수방법을 통한 포장체의 성능 개선이 필요하다. 콘크리트 도로 포장 그라인딩 공법은 도로 유지관리 측면에서 활발히 사용되고 있는 공법 중 하나이다. 다이아몬드 그라인딩은 1965년부터 도로 유지보수 공법으로 사용되었는데[1], <그림 1>과 같이 콘크리트 포장 평탄화 작업과 함께 다이아몬드와 같은 강한 재질의 블레이드가 장착된 그라인딩 장치를 이용하여 표면을 절삭해 미세한 홈인 마이크로 그루빙(micro grooving)을 형성하는 공법이다[2]. 마이크로 그루빙 홈을 형성함으로써 노면의 평탄성 회복, 마찰력 개선, 마찰소음 저감, 공용기간 연장의 효과가 있으며 포장의 공용기간이 약 14년 정도 연장된다[3,4].

기존 공법의 문제점

콘크리트 도로 포장에 마이크로 그루빙 홈을 형성하는 방법은 건식 그라인딩 공법과 습식 그라인딩 공법이 사용되고 있으며 각 공법은 장단점이 있다. 일반적으로 콘크리트 포장 절삭 시 발생하는 마찰열을 줄여 그라인딩 커터의 수명 향상을 위해 습식 그라인딩 공법에서는 절삭수를 공급한다. 이때 발생하는 콘크리트 슬러지와 절삭수 등 대량의 오염수를 처리하는 과정에서 환경문제를 야기한다. 건식 그라인딩 공법은 기존 습식 그라인딩 공법의 단점을 보완하기 위하여 개발되는데, 절삭수를 사용하지 않아 오염수의 문제는 없지만 <표 1>과 같이 다른 문제점이 있다.

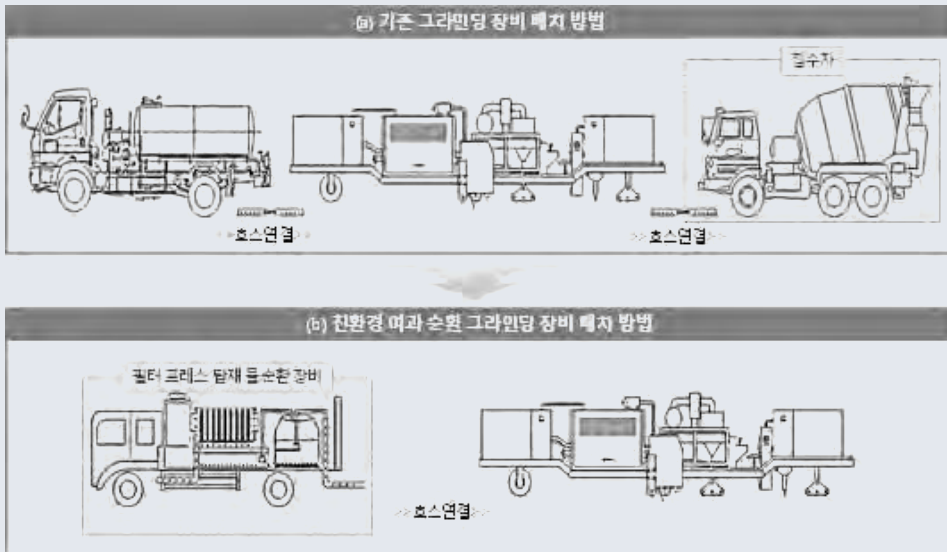
그림 1. 도로 그라인딩 공법의 예시



표 1. 습식 및 건식 그라인딩 공법의 문제점

습식 그라인딩 공법	건식 그라인딩 공법
1) 급수, 살수 차량 및 분진 회수 차량이 필요하며 이로 인한 추가 인력 및 매연이 발생	1) 건식 공법은 절삭수 대신 냉각된 압축공기를 주입하지만 그라인딩 장치와 콘크리트 노면의 마찰 때문에 절삭공구의 수명이 단축
2) 절삭수와 분진이 섞인 오염수와 폐자재가 대량으로 발생하며, 오염수의 누출로 인해 2차적 환경 피해를 일으킬 가능성이 있음	2) 습식 공법에 비하여 작업속도가 두 배 이하로 떨어져 넓은 범위 작업에 한계가 있음
3) 분진 회수 차량의 회수 범위와 용량에 제한이 있으며, 분진 회수 차량의 여과 부하로 공사의 지연 발생	3) 시공 시 분진이 발생하며, 이를 흡입하기 위한 장비에도 필터여과 및 용량에 제한이 있으며, 특히 현장에서 발생하는 분진으로 인한 시야 차단은 2차적인 안전문제를 야기할 수 있음

그림 2. 도로 그라인딩 공법의 개략도



절삭수 순환식 다이아몬드 그라인딩 공법

기존 습식 그라인딩 공법은 <그림 2(a)>와 같이 공정상 전면에 절삭수를 공급해 주는 살수차를 배치하며 후면에는 오염수를 흡입·저장하는 장비를 배치하는 방식으로 작업 차량이 배치된다. 작업 특성상 절삭수를 공급하는 살수차의 물이 모두 소모되었거나, 오염수를 흡입하는 저장용 장비의 한도를 초과한 경우 장비를 교체하여야 작업이 가능했다. 이로 인해 장비 교체에 따른 시공성 저하, 추가 차량 운행으로 인한 경제성 저하 등의 문제가 발생하며, 오염수의

처리 과정에 있어 환경문제가 야기되고 있다.

절삭수 순환식 다이아몬드 그라인딩 공법은 기존 습식 그라인딩 공법의 오염수 발생으로 인한 문제를 개선하는 것을 목적으로 한다. 절삭수 순환식 다이아몬드 그라인딩 공법은 시공 시 발생하는 오염수를 현장에서 정화하는 처리 과정을 거쳐 오염수를 다시 절삭수로 재사용하는 공법이다. 절삭수 순환식 그라인딩 공법에 사용되는 시스템의 구성은 다이아몬드 그라인딩, 오염수 1차 정화 장치, 오염수 2차

그림 3. 냉각수 순환 개략도

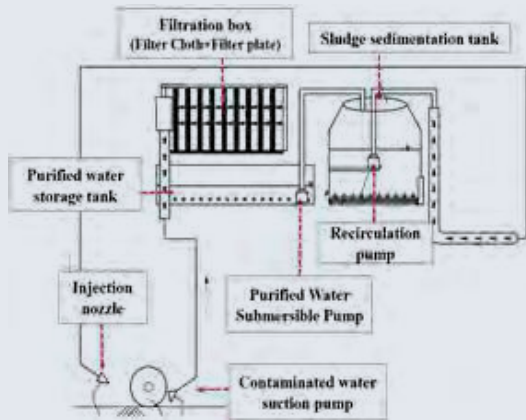
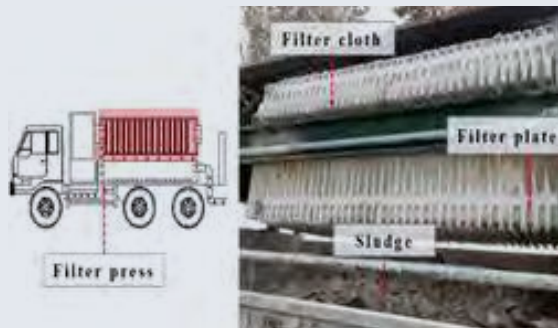
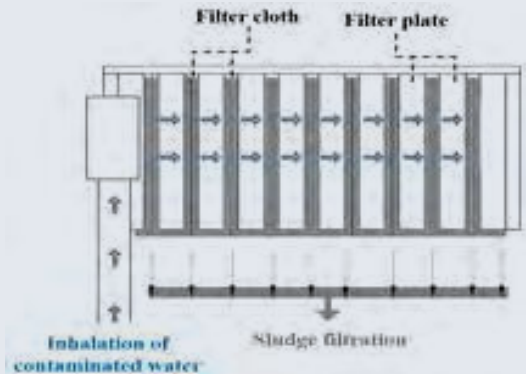


그림 4. 필터프레스 시스템



(a) 필터프레스



(b) 필터프레스 개략도

정화 장치로 구성되며 공정의 절차는 <그림 2(b)>와 같다. 오염수 1차 정화 장치에서는 마이크로 그라인딩 작업 시 발생하는 오염수를 흡입하고 필터프레스를 통하여 불순물을 제거한 후, 2차 정화 장치로 1차 정화된 오염수를 공급한다. 1차 정화 장치를 거친 오염수를 물탱크에 저장한 후 2차 정화 장치에 있는 필터를 거치면 미세 불순물이 제거된다. 1, 2차 과정을 거쳐 정화된 오염수는 순환 물탱크로 이동하여 저장되며, 다시 절삭수로 재사용한다.

절삭수 순환식 그라인딩 공법은 노면의 그루빙 홈 절삭 가공 시 발생하는 오염수의 여과 처리를 위한 절삭장비와 이를 이용한 친환경 그라인딩 공법이다. 이동식 오염수

여과 과정의 개략도는 <그림 3>과 같으며, 여과 과정은 다음과 같다.


- 다이아몬드 그라인더 뒷부분에 배치된 오염수 흡입펌프로 수집된 오염수는 1차 정화 장치로 이동하여 여과박스를 반복적으로 순환하며 여과된다.
- 1차적으로 정화과정을 마친 오염수는 정화물탱크에 저장되며 오염수 2차 정화 장치의 정화필터에 의해 절삭수로 재사용 가능한 정도로 정화된다.
- 이후 절삭수는 순환 물탱크에 저장되며 재순환 펌프에 의해 절삭수 분사노즐로 공급되어 절삭수로 재사용된다.

표 2. 절삭수 사용량

Trials	Carrying capacity (kg)	Remaining amount (kg)	Coolant usage ratio (Remaining amount /Carrying capacity, %)
1st	3000	2800	7
2nd	3000	2700	10
3rd	3000	2700	10
4th	3000	2600	4
5th	4500	4400	3

현장 적용을 통한 기술의 검증

마이크로 그라인딩 작업 시 사용하는 절삭수 소모량은 <표 2>와 같이 5차례의 현장 적용을 통해 산출되었다. 마이크로 그라인딩 작업에 소요되는 작업수량을 측정하기 위하여 평균 200 구간을 시험 시공하였으며 기존 마이크로 그라인딩 공법으로 시공 시 3,000~4,500kg 정도의

절삭수가 사용되었다. 그에 반해 절삭수 순환식 그라인딩 공법으로 시공 시 100~400kg 정도의 절삭수가 사용된 것으로 나타났다. 절삭수 순환식 그라인딩 공법을 사용하면 기존 공법 대비 약 90%의 절삭수를 절감할 수 있었다. 

참고문헌

- [1] Rao, S., Yu, H. T., Khazanovich, L., Darter, M. I., and Mack, J. W. (1999) Longevity of diamond-ground concrete pavements. Transportation research record, 1684(1), 128-136.
- [2] Sim, Kim, Hong, Choi, & Jeoung (2021). Development of cooling water circulation system for environmental friendly diamond-grinding method. Journal of the Korea Concrete Institute, 33(3), 263-270.
- [3] Hong, S. H., Kwon, S. M., and Kim, J. M. (2000) Rehabilitation Techniques for Concrete Pavement and Concrete-Exposed Bridge Deck. Research Report 00-22, Korea Expressway Corporation, 1-243. (In Korean)
- [4] Correa, A. L., and Wong, B. (2001) Concrete Pavement Rehabilitation-Guide for Diamond Grinding (No. FHWA-SRC 1/10-01 (5M)).

국내 고농도 오존 발생 및 관련 규제 현황

전혜준 / 서울기술연구원 기후환경연구실 전임연구원

2010년부터 2019년까지 전국 오존 연평균 농도와 서울의 오존 연평균 농도는 지속적으로 상승했다. 오존의 고농도 현상이 지속되고, 대기환경 및 시민건강에 영향을 미치는 만큼 오존생성 전구물질 관리를 위한 구체적이고 체계적인 오존 저감방안 마련이 필요하다.



1. 국내 오존농도 현황 및 특징

오존(O₃)은 배출가스에 함유된 질소산화물, 탄화수소류 등이 광화학 반응을 일으켜 생성되는 2차 생성물질이다. 오존생성의 원인이 되는 전구물질인 질소산화물(NOx)과 휘발성 유기화합물(VOCs)이 일사량, 풍속, 습도 등 다양한 기상 조건의 영향을 받아 고농도 오존 조건이 형성된다.

2010년부터 2019년까지 최근 10년간 전국 오존 연평균 농도와 서울의 오존 연평균 농도는 지속적으로 상승하는 경향을 나타냈다¹⁾. 전국 연평균 오존농도는 2010년 0.023ppm에서 2019년 0.030ppm으로 약 1.3배 증가했으며, 서울의 연평균 오존농도는 2010년 0.019ppm에서 2019년 0.025ppm으로 약 1.32배 증가하였다. 전국, 서울에서 모두 2018년도에 오존농도가 약간 감소하는 추이를 나타냈으나 2019년도에 다시 상승하여 오존 저감을 위한 노력이 시급한 것으로 판단된다<그림1>.

대기 중 오존은 광화학 반응을 거치며 생성되는 물리 화학적 과정의 결과물로, 주로 광의 세기가 강해지는 봄철, 여름철에 농도가 증가하는 경향을 나타낸다. 2019년도 월평균 오존농도를 살펴보면<그림2>, 3~4월부터 농도가 서서히 증가하다가 5월에 최고 농도를 기록하고 점차 낮아지는 경향을 나타낸다. 서울의 경우, 2019년 3~4월에 0.028~0.029ppm 수준이었으나 5월에 0.043ppm으로

증가하였고, 6월에 0.042ppm, 7월에 0.032ppm을 기록하며 점차 낮아지는 경향을 나타냈다.

그림 1. 국내 연도별 오존농도 현황

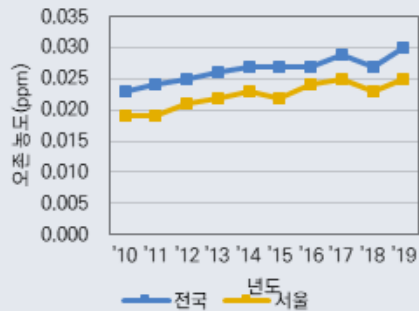
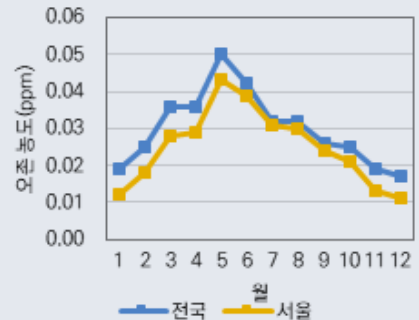


그림 2. 국내 월별 오존농도 변화



1) 에어코리아(<https://www.airkorea.or.kr/web>)

2. 오존주의보 발령 횟수 증가

오존경보제는 대기환경보전법 제8조(대기오염에 대한 경보)에 근거하여 시행되며, 고농도 오존에 노출될 경우 피해를 입을 수 있는 민감군 및 취약군에게 오존 농도가 높음을 알리고 그 피해를 최소화하기 위해 도입되었으며²⁾, 오존경보는 시간당 오존 평균 농도에 따라 주의보, 경보, 중대경보 3단계로 나뉜다<표1>.

표 1. 오존경보(주의보, 경보, 중대경보) 발령기준

구분	발령기준
주의보	시간당 평균농도가 0.12ppm 이상일 때
경보	시간당 평균농도가 0.30ppm 이상일 때
중대경보	시간당 평균농도가 0.50ppm 이상일 때

최근 오존농도가 증가함에 따라, 서울시 오존주의보 발령횟수 및 일수도 함께 증가하여 고농도 오존 노출 가능성이 확대되었다. <그림3>과 같이 오존주의보 발령횟수는 최근 5년간(2011~2015년) 총 179회로, 직전 5년(2016~2020년)의 총 61회에 비해 약 2.93배 증가하였으며, 오존주의보 발령일수는 최근 5년간(2011~2015년)의 총 65일로, 직전 5년

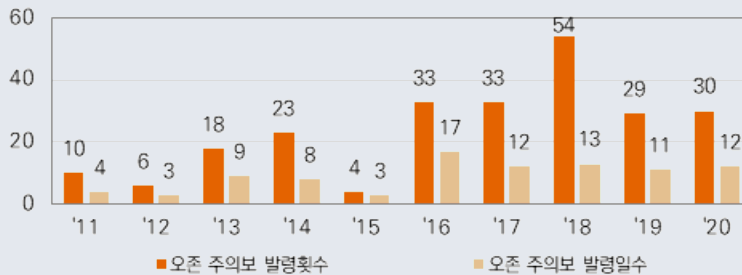
(2016~2020년)간 총 27일에 비해 약 2.41배 증가하여 고농도 오존 노출 저감 노력이 필요한 실정이다.

3. 국내 오존 대응 관리 정책

국내 정부 및 지자체에서는 오존 생성 전구물질 저감을 위한 제도 및 정책을 시행 중에 있다. 「미세먼지 관리 종합대책」, 「수도권 대기환경 기본계획」, 「소규모 사업장 방지시설 설치 지원」 등의 다양한 정책에서 오존생성 기여물질인 NOx와 VOCs의 관리와 저감을 위한 목표를 설정하였다.

세부 내용은 사업장 및 생활주변 배출원 관리, 자동차 저공해화, 친환경 보일러 보급 등에 집중되어 있는데, 대부분 오존생성 전구물질의 관리에 초점을 둔 것이 아니라 미세먼지 전구물질 관리 차원(미세먼지 배출원 관리, 미세먼지 생성 원인물질 저감)의 과제들이 대부분이며, 오존생성 반응성을 고려한 배출시설 및 개별 VOCs 물질의 관리 혹은 관련 저감 목표는 부재하다. 오존의 고농도 현상이 지속되고, 미세먼지만큼 대기환경 및 시민건강에 영향을 미치는 대기오염물질인 점을 감안해 보았을 때, 오존생성 전구물질 관리를 위한 구체적이고 체계적인 오존 저감방안 마련이 필요하다.

그림 3. 국내 오존주의보 발령횟수 및 일수



2) 서울특별시 대기환경정보(<https://cleanair.seoul.go.kr>)

4. 국외 선진 오존 대응 사례

미국의 경우 VOCs 물질마다의 오존생성 반응 수준 및 속도가 다른점을 감안하여, 연방법에서 ‘광화학 반응성이 낮은 물질’을 별도로 지정하여 관리하고, 반응성이 낮은 물질의 사용을 권장한다³⁾<그림4>. 또한 미국은 MIR⁴⁾, 유럽은 POCP⁵⁾라는 VOCs 개별 물질별 오존생성 기여도 수치를 이용하여, 오존생성량 산출 및 저감 우선순위 산정 시에 활용하고 있다<그림5>. 일본의 경우 오존 배출시설 (도장시설, 세정시설, 건조시설 등) 종류 및 규모요건에 따라

오존 전구물질인 휘발성유기화합물(VOCs) 배출허용기준 (ppm단위)이 제시되어 있는데, 배출허용기준이 탄화수소 (THC)로 관리되는 우리나라에 비하여 VOCs에 초점을 맞춘 규제를 시행하고 있는 것으로 보인다. 이처럼 국외 사례를 참고하여, 국내에도 오존전구물질인 VOCs를 타깃으로 한 배출원(배출시설) 관리와, 오존생성 반응성과 기여도를 고려한 VOCs 개별물질 저감 및 관리 노력을 통하여 중장기적 오존 저감방안 마련이 필요하다. [ST](#)

그림 4. 미국의 연방법 지정 광화학 반응이 낮은 물질 일부

(s) *Volatile organic compounds (VOC)* means any compound of carbon, excluding carbon monoxide, carbon dioxide, carbonic acid, metallic carbides or carbonates, and ammonium carbonate, which participates in atmospheric photochemical reactions.

(1) This includes any such organic compound other than the following, which have been determined to have negligible photochemical reactivity: Methane; ethane; methylene chloride (dichloromethane); 1,1,1-trichloroethane (methyl chloroform); 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane (CFC-113); trichlorofluoromethane (CFC-11); dichlorodifluoromethane (CFC-12); chlorodifluoromethane (HCFC-22); trifluoromethane (HFC-23); 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane (CFC-114); chloropentafluoroethane (CFC-115); 1,1,1-trifluoro-2,2-dichloroethane (HCFC-123); 1,1,1,2-tetrafluoroethane (HFC-134a); 1,1-dichloro-1-fluoroethane (HCFC-141b); 1-chloro-1,1-difluoroethane (HCFC-142b); 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoroethane (HCFC-124); pentafluoroethane (HFC-125); 1,1,2,2-tetrafluoroethane (HFC-134); 1,1,1-trifluoroethane (HFC-143a); 1,1-difluoroethane (HFC-152a);

그림 5. 미국과 유럽의 오존생성기여도 자료 일부

VOCs	POCP	MIR
Ethylene	100	9.08
Acetylene	15	1.25
Ethane	10	0.31
Propylene	105	11.58
Propane	40	0.56
Isobutane	30	1.35
1-Butene	95	10.29
trans-2-Butene	100	13.91
cis-2-Butene	100	13.22
Isopentene	30	
1-Pentene	70	7.79

3) Legal Information Institute(<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/51.100#s>)

4) MIR, Maximum Incremental Reactivity

5) POCP, Photochemical Ozone Creation Potential

NEW TECHNOLOGY + 06

딥러닝을 활용한 설비 시스템 고장 진단

이동규 / LG전자 CTO부문 선임연구원



딥러닝을 활용한 고장 진단 및 검출에 대한 기술

국내 온실가스 배출량은 우리나라가 OECD 회원국 중에 6위를 해당하며, 이에 정부는 '2030 온실 가스 감축 로드맵'을 통해서 온실 가스 감축을 위한 다양한 연구를 진행하고 있다. HVAC(Heating, Ventilation and Air conditioning) 시스템, 즉 공기 조화 시스템은 건물 에너지의 약 50%를 차지하고 있을 정도로 건물 에너지에서 가장 큰 에너지를 차지함과 동시에 건물 운영에 가장 필수적인 요소이다. HVAC 시스템 기계적 특성에 따라 초기결함 또는 노후화 등의 이슈를 바탕으로 고장현상이 발생하며, 이러한 고장현상은 에너지 사용량 증가, 설비기기의 수명 단축을 초래한다.

하지만, 이와 같은 설비 고장 진단 및 유지보수 관련하여, 해외의 경우에는 HVAC 시스템 고장 검출 및 진단 기법에 꾸준한 연구가 활발히 이루어지고 있는 반면, 국내의 경우에는 해외와 비교해볼 때 상대적으로 관심이 낮은 경향을 보이고 있다. 과거에는 Rule-based 방식의 고장 검출 및 진단에 초점을 맞추고 기술개발을 진행하였지만, HVAC 시스템에서는 Rule-based로 정의될 수 없는 센서 값의 범위가 무수히 존재하기 때문에, 데이터 기반의 기계학습을 활용한 HVAC 시스템의 고장 검출 및 진단 시스템이 현재는 다양한 기계학습모델을 활용하여 개발되고 있는 상황이다.

HVAC 시스템의 고장 진단 및 검출에 대해서, 이 글에서는

건축 분야에서 고장 진단 및 검출은 기계적 결함 방지뿐만 아니라 에너지와도 밀접한 연관성이 있다. 고장 문제를 검출 및 진단하기 위해선 데이터를 활용한 딥러닝(Deep Learning) 기반의 Classification 기술이 활용된다.

딥러닝을 활용한 고장 진단 및 검출에 대한 기술을 소개하도록 한다.

딥러닝 기반의 Classification 기술활용

건축 분야에서 고장 진단 및 검출은 기계적 결함 방지를 넘어 에너지와 밀접한 연관성을 가지고 있기 때문에 건물에너지 절감에 기여할 수 있다. 대표적인 고장현상은 공조기 급기 온도가 설정온도에 비해 낮거나 높은 경우, 부적절한 댐퍼의 열림과 닫힘 및 실내온도가 너무 높거나 낮은 경우 등의 고장현상이 발생한다. 이는 난방 혹은 냉방 코일의 제어 고장, 댐퍼의 제어 혹은 기계적인 고장, 그리고 실내온도가 너무 높거나 낮은 경우에는 VAV 제어 고장 혹은

그림 1. Cooling coil 고장으로 인한 급기 온도 이상



과도한 실내 인원 투입 등의 여러 가지 원인이 있을 수 있다.

위의 원인 및 고장 문제를 검출 및 진단하고자, 데이터를 활용한 딥러닝(Deep Learning) 기반의 Classification 기술을 활용하여 정확한 결과를 얻고자 한다. 고장 및 진단을 파악하기 위해선 HVAC 시스템의 각각의 고장 현상에 대해서 정의하고, 그 데이터를 생성하는 과정이 필수이다. 데이터를 생성하는 방법에는 기존의 데이터를 활용한 딥러닝 생성모델을 만드는 방법, 실제 시스템과 유사한 시스템을 모사하는 Simulator를 구현하는 System Identification 방법으로 나눌 수 있다. 실제 데이터를 기반으로 RNN 계열의 시계열 데이터 기반의 딥러닝 모델을 활용해서, 기존과 유사한 형태의 dynamics를 모방하는

데이터를 생성하는 방법이 있다.

또한, 실제와 유사한 dynamics의 수식을 응용하고, 활용하여 만든 Simulator를 이용하여 System identification을 하는 경우에는 HVAC를 모사할 수 있는 Energyplus 소프트웨어나 Modelica Language를 활용한 방법 등이 있다.

데이터를 생성하는 모델을 구현한 뒤에, 각각의 고장 모델에 대한 데이터를 생성한다. 그리고, 정상 데이터와 각각의 고장 데이터들을 학습한 뒤에 실제 실시간 데이터가 들어오면 그 실시간 데이터를 각각의 모델에 학습한 데이터와 비교하여, 실제 실시간 데이터의 정상 및 고장을 판별할 수 있으며, 고장일 경우에 어떤 고장인지 학습한 모델에 따라서 검출을 할 수 있다.

그림 2. RNN 계열의 LSTM 모델

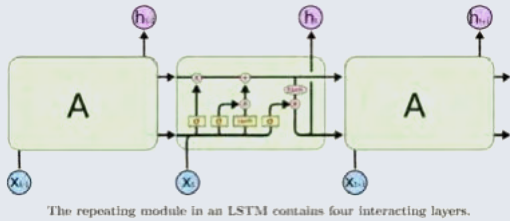


그림 3. EnergyPlus

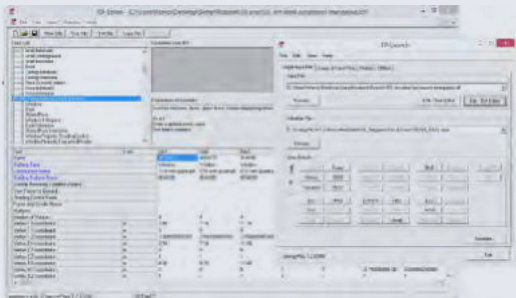


그림 4. Modelica 기반 모델 구현

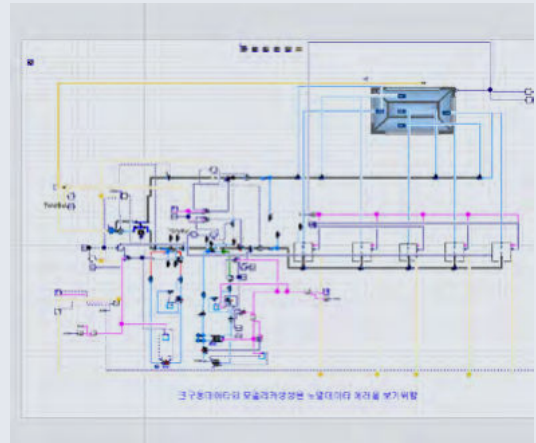
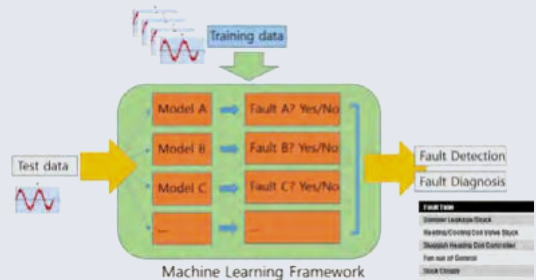


그림 5. 모델 학습을 활용한 고장 판별 및 진단





이러한 모델을 구성하는데 많은 연구가 필요한 점은 1) 정확한 System Identification의 구현 2) 데이터 Classification을 구현하는 데 있어서 적절한 딥러닝 모델 선정 3) 근원적인 HVAC 고장 원인에 대한 이론적 고찰 등이 있다.

1)의 경우에는 현재, 많은 연구가 딥러닝 분야에서 진행 중인데, 앞서 말한 데이터 및 수식 기반의 모델 구현을 합친 방법들이 많이 연구되고 있으며, 2)의 경우에 Classification의 여러 가지 모델이 있지만, 위와 같은 고장 및 진단을 판단하는 주체가 센서 데이터인 점과 label을 단정 짓기 쉽지 않은 점을 고려해서 Unsupervised learning의 pretrained된 모델과 Supervised learning을 활용한 training 모델을 활용하는 경우의 연구가 진행되고 있다. 3)의 경우에는 공신력이 있고, 많은 검증이 끝난 고장 데이터가 정의되어 있는 ASHRAE-1312-RP(Tools for Evaluating Fault Detection and Diagnostic Methods)에서 제공하는 데이터를 활용하는 등의 많은 방법론이 있다.

향후에는 상용성과 범용성을 위한 고장의 데이터를 미리 학습하지 않고, 정상데이터의 Data augmentation을 활용하여 고장 및 진단과 동시에 예측까지 완료하는 알고리즘의 개발이 이루어져야 할 것이다. [ST](#)

융합 빅데이터의 초석: 데이터 레이크

윤성범 / 서울기술연구원 데이터사이언스센터 전임연구원

건축 부분에서 고장 진단 및 검출은 기계적 결함 방지뿐만 아니라 에너지와도 밀접한 연관성이 있다. 고장 문제를 검출 및 진단하기 위해선 데이터를 활용한 딥러닝(Deep Learning) 기반의 Classification 기술이 활용된다.



1. 개요

4차 산업혁명의 시대를 이끌어가는 IT 기술은 다양한 키워드로 표현된다. IoT, AI, 빅데이터, VR/AR 등 새로운 기술을 통해 기존의 시대에서 발굴할 수 없던 정보를 발굴하고, 이를 통해 더욱 널리 시민의 삶을 이롭게 하는 데에 방점을 두고 있다. 이러한 신기술들은 발전하는 기술과 함께 당연지사라 함께 발전하는 경우도 있지만, 의도적인 목표를 추구하여 다양한 주체가 함께 노력해야 하는 분야도 존재한다.

지난 몇 년간 빅데이터 분석과 AI는 다양한 사회문제를 해결하고, 기존에는 알 수 없던 정보를 추출해내어 새로운 인사이트(Insight)를 도출하는 신기술분야로 각광받고 있다. 그러나 빅데이터를 통한 분석과 딥러닝 기반 AI는 이를 위해 기반이 되는 대량의 데이터가 기반되지 않는다면 기존 분석에서 발전된 모습을 보여주기 어렵다는 유사점을 지닌다.

2. 데이터 레이크와 데이터 웨어하우스¹⁾²⁾

지속적으로 빅데이터를 저장하고 이를 실시간에 가깝게 분석하는 기술이 필요해질수록, 빅데이터를 수집하는 방식과 저장하는 방식 또한 지속적으로 새로운 니즈에 발맞추어 발전해왔다. 현재 데이터를 수집하고 저장하는 방식으로 다채롭게 사용되는 데이터 웨어하우스 기술은 간단히 서술하자면 데이터 분석 또는 AI분석을 수행하고자

하는 사용자가 본인이 필요로 하는 데이터를 정규화 시켜 언제든 빅데이터 분석에 활용할 수 있도록 저장해두는 형태를 의미한다. 데이터를 수집하는 과정에서 사용자는 본인의 분석에 필요한 데이터 위주로 탐색하게 되며, 본인이 원하는 결과를 빠르게 도출할 수 있는 형태로 데이터를 '정규화' 시키는 과정을 거친다.

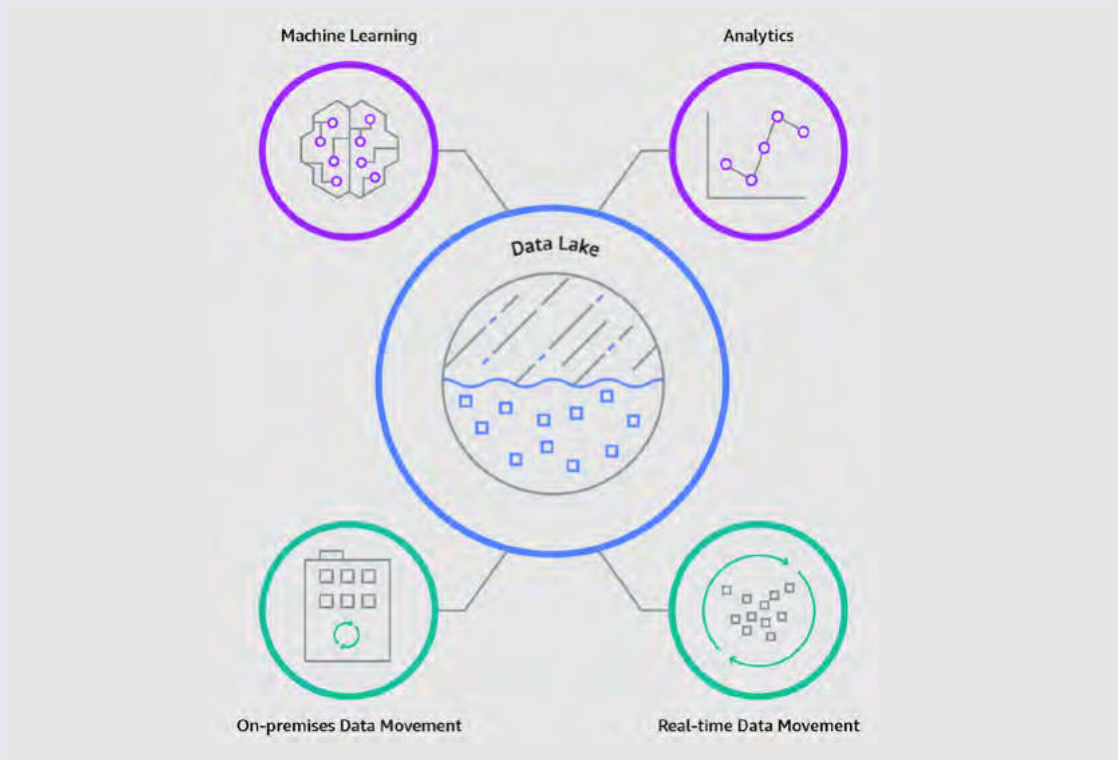
이러한 방식의 데이터 저장방식은 대용량의 데이터를 효율적으로 저장할 수 있고, 이를 빠르게 사용자의 니즈 또는 클라이언트의 니즈에 맞춰 분석을 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있어 빅데이터 분석과 AI 분석분야에 널리 이용되어왔다.

그러나 데이터를 저장하는 과정에서 서술되었듯, 저장되는 데이터는 사용자의 니즈에 맞추어 정규화되고, 데이터 저장의 효율성을 위해 원본데이터에서 사용자가 필요로 하지 않는 부분은 제거되는 경우도 다수 발생한다.

1) 그림 출처 : AWS Big Data Lake
(<https://aws.amazon.com/ko/big-data/datalakes-and-analytics/what-is-a-data-lake/>)

2) H. Fang, "Managing data lakes in big data era: What's a data lake and why has it become popular in data management ecosystem," 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2015, pp. 820-824, doi: 10.1109/CYBER.2015.7288049.

그림 1. Cooling coil 고장으로 인한 급기 온도 이상



이러한 경우 지속적으로 동일한 분석을 수행하는 환경에서는 높은 효율을 야기하지만, 이와 반대로 실제 현대 사회에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 다양한 종류의 데이터를 다양한 방식으로 분석 및 처리해야 되는 경우 원본데이터의 속성이 기존 분석을 위해 지워지거나, 최신 데이터로 업데이트되지 않는 등 효율성 저하로 이어지는 다양한 문제점을 발생시킬 수 있다.

데이터 레이크의 경우, 데이터 웨어하우스와는 상이한 개념으로서, <그림 1>과 같이 데이터의 지속적인 수집, 활용, 분석 등이 모두 함께 이루어지는 형태의 데이터 저장소라고 표현할 수 있다. 데이터 레이크에서는 사용자가 필요로 하는 데이터만이 아닌, 수집할 수 있는 최대한의 데이터를 원본 그대로의 형태로 저장하며, 사용자가 필요할 시 원하는

형태로 처리하여 분석하고 분석결과를 도출하는 방식으로 운영되며, 원본 데이터의 경우 원본형태 그대로 데이터 레이크내부에 저장되어 있게 된다.

데이터 레이크형 데이터 저장소의 경우, 다양한 데이터를 원본 형태를 유지한 상태로 저장하기에, 데이터가 최신화되었을 시, 정규화(전처리) 과정 없이 데이터를 업데이트할 수 있다는 장점과, 사용자가 빅데이터 분석 또는 AI분석을 수행할 시 다양한 종류의 데이터를 활용할 수 있다는 점에서, 기존 통념에서 발견할 수 없던 새로운 결과를 도출할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이와 함께, 데이터 원본이 지속적으로 서버에 유지되기에, 다른 방식의 분석을 수행하고자 할 때 원본데이터를 재확보하는 과정 없이 다시 재활용할 수 있게 된다.



그러나 다양한 데이터의 원본 형태는 데이터 생성 주체의 니즈에 맞추어 다양한 형식으로 저장되어 있다는 한계점을 가지고 있으며, 이러한 데이터를 융합하여 활용하기 위해서는 실제 데이터 사용자(분석자)가 원본 데이터를 본인이 원하는 형태로 처리할 수 있는 기술력이 요구된다. 또한 데이터 레이크의 특성상 데이터를 저장하는 저장소와 분석하는 분석소의 유기적인 연동성이 요구되기에, 이러한 분야의 전문성이 요구된다.

3. 데이터 레이크와 서울

국내에서는 아직까지 데이터 레이크 형태보다는 데이터 웨어하우스 형식의 데이터 저장이 널리 활용되고 있다.

공공데이터³⁾의 경우에도 데이터 생산 주체가 해당 데이터를 활용하기 용이한 형태로 데이터를 저장하게 되고, 이는 각 주체별 관리 지침에 의해 각자 관리되고 있다.

이러한 데이터를 한곳에 모아 제공하는 제공처의 경우에도 아직까지는 데이터 웨어하우스적 성격상에서 데이터를 저장하고 있다는 한계점이 있다. 향후 국내 또는 서울에서 4차 산업혁명을 통해 구축되고 발생하는 다양한

데이터를 융합하고 활용하기 위해서는 국내에서도 다양한 방식의 데이터 레이크 구축이 수행되고, 이를 활용할 수 있는 분석전문가의 육성이 필요하게 될 것이라 판단된다. [s.it](#)

3) 서울기술연구원 :서울시 공공빅데이터 활용성 제고 방안(2019)

SIT 직원 인터뷰 (3)



정진관 / 연구기획실 연구위원

1. 안녕하세요, 자기소개와 맡은 업무/연구분야 소개 부탁드립니다.

저는 연구기획실에서 연구과제 관리 업무를 수행하고 있습니다. 연구과제에 대한 수요접수부터 과제관리위원회 개최, 과제진행 지원 등의 일을 하고 있습니다.


2. 입사 전에는 어떤 업무/연구를 하셨었나요?

정보기술 관련 기관에서 정보화 사업을 기획하고 IoT 등 신기술이 공공영역에 활용이 가능한지 점검하는 시범사업을 추진하였습니다. 그 이후에는 중소기업이나 창업·스타트업에 대한 자금 지원이나 연구개발 지원 업무를 수행했습니다.

3. 작년에 입사하셨는데, 지금까지 서울기술연구원에서 일하시면서 가장 인상 깊었던 점 한 가지 부탁드립니다.

우리 연구원이 지자체 소속기관이지만 출연연이나 타 공공기관보다 심도 있고 시민이 체감할 수 있는 결과물을 직접 만들어 내고 있다는 것에 자부심을 가질 만하다고 생각합니다. 또한 어디 가서도 만날 수 없는 젊고 우수한 분들이 한데 어울려 일하는 것도 매우 인상적입니다.

4. 앞으로 우리 연구원에서의 목표와 포부가 있다면 한 말씀 부탁드립니다.

우리원이 아직은 초기단계의 기관인 만큼 앞으로 성장할 수 있는 가능성이 무궁무진하다고 생각합니다. 나중에 서울기술연구원의 발전에 조금이나 기여를 했다고 누군가에게서 한마디 만들었으면 합니다. 



정연중 / 연구기획실 수석연구원

1. 안녕하세요, 자기소개와 맡은 업무/연구분야 소개 부탁드립니다.

기획조정본부 연구기획실에서 수석연구원으로 재직 중인 정연중입니다. 연구기획실에서 저의 주요 업무는 연구원의 중장기 전략기획이고, 제가 그동안 수행해왔던 지반·환경·에너지 분야연구와 디지털 융합기술을 연계하여 서울시가 직면한 다양한 과학·기술적 문제를 분석하고 연구방향을 설정하는 업무를 수행하고 있습니다.

2. 입사 전에는 어떤 업무/연구를 하셨었나요?


저는 학위과정 동안 탄소감축의 핵심기술인 CCUS 관련하여 온실가스를 포집하여 대심도 지중에 효율적이고 안정적으로 저장하기 위한 융복합 연구를 수행해 왔습니다. 이후 저는 국토안전관리원 시설성능연구소에 선임연구원으로 재직하며, 기술-정책을 연계하여 국민의 생명과 안전을 지키기 위한

연구를 수행했습니다. 또한 Digital Transformation 시대에 맞게 다양한 스마트기술(디지털 영상, 로봇, AI 등)을 일상적인 시설물 유지관리에 활용하기 위한 연구도 수행하였습니다.

3. 작년에 입사하셨는데, 지금까지 서울기술연구원에서 일하시면서 가장 인상 깊었던 점 한 가지 부탁드립니다.

저는 학위과정 때부터 기술을 융합하여 새로운 문제에 적용하고 해결하는 데 흥미를 느껴왔고, 관련된 연구를 지속적으로 수행하고 싶었습니다. 타 출연연 및 공공기관과 달리, 도시문제 해결에 최적화된 기관의 목적 자체가 저는 가장 인상 깊었습니다.

4. 앞으로 우리 연구원에서의 목표와 포부가 있다면 한 말씀 부탁드립니다.

사서삼경 중 '대학(大學)'에는 '일신우일신(日新又日新)'이라는 구절이 있습니다. 본 구절은 '날마다 새로워지고, 또 날마다 새로워진다'는 뜻으로, 중국 은나라의 성군인 탕왕이 대야에 새겨두고 얼굴을 씻을 때마다 마음에 새긴 문구입니다. 매일매일 새로운 기술이 나오고, 빠르게 바뀌어가는 현실을 보며, 앞으로도 서울시민의 목소리에 귀 기울이고, 발전하기 위해 항상 노력하는 연구자가 되도록 노력하겠습니다. 앞으로도 많은 성원과 격려를 부탁드립니다. 감사합니다. 

SIT 직원 인터뷰 (3)



김혜진 / 데이터사이언스센터 수석연구원

1. 안녕하세요, 자기소개와 맡은 업무/연구분야 소개 부탁드립니다.

안녕하세요. 작년 12월에 디지털 가상도시, AR/VR 연구분야로 입사한 데이터사이언스센터의 김혜진 수석연구원입니다. 입사 후 버추얼서울 오픈랩 구축 로드맵 과제를 진행했었고, 현재는 로봇시티 설계를 위한 XR(확장현실) 기반의 무인배송로봇 시뮬레이션 연구를 진행하고 있습니다.

2. 입사 전에는 어떤 업무/연구를 하셨었나요?

저는 증강현실 콘텐츠를 위한 현장 저작기법이라는 주제로 박사학위를 받고, 한국과학기술연구원에서 박사후연구원으로 근무하며 착용형 기기환경에서 가상 콘텐츠와 상호작용하기 위한 인터랙션 방법을 연구했었습니다. 이후, 입사 전까지 LG전자 CTO에서 가상현실/증강현실과 관련된 SW 개발 킷, 딥러닝 기반 제스처 인식, 물리 기반 의류 시뮬레이션 등의 연구개발을 진행했었습니다.

3. 지금까지 서울기술연구원에서 일하시면서 가장 인상 깊었던 점 한가지 부탁드립니다.

서울기술연구원이 서울시의 복잡하고 다양한 도시 문제를 해결하기 위해 과학기술 기반의 연구를 수행하는 만큼 도시, 교통, 환경, 안전 등 여러 분야의 전문가분들이 모여있다는 점이 인상 깊었습니다. 그래서인지 연구원의 발전을 위해 구성된 각종 TF나 회의에서 한 주제로 논의를 할 때 좀 더 다양한 의견들을 들어볼 수 있었습니다. 이러한 다양성이 잘 조합되어 연구원의 연구 결과들이 단편적이 아닌 시너지를 창출하고, 그 결과들이 서울의 지속가능한 발전에 이바지할 것으로 생각합니다.

4. 앞으로 우리 연구원에서의 목표와 포부가 있다면 한 말씀 부탁드립니다.

메타버스 시대인 요즘 AR/VR에 대한 수요가 많아지면서 예전과 달리 공공에서도 관련 기술들을 적용하려는 시도들이 많아지고 있습니다. 이에 따라, 기존의 도시 문제와는 다른 차원의 융복합적 문제 해결에 AR/VR 분야가 더욱 필요한 주제로 떠오를 것으로 생각합니다. 앞으로 다양한 분야에서 AR/VR 기술을 접목하여 가치있고 재미있는 성과를 만들어 서울이 지속 발전하도록 기여하는 연구자가 되고 싶습니다. s.it

하나뿐인 지구를 지키는 유일한 방법



저 자: 타이러 라쉬
출판사: 알에이치코리아
출판일: 2020.07.15.

『두 번째 지구는 없다』는 JTBC의 예능프로그램 비정상회담에서 미국인 패넬로 출연해 유명해진 방송인 타이러 라쉬가 쓴 지구와 환경에 관한 책이다. 기후위기 해결은 타이러의 오랜 꿈으로, 환경은 그가 오랫동안 품어온 화두다. 타이러는 2016년부터 WWF(세계자연기금) 홍보대사로 활동하며 환경 문제 해결의 필요성을 널리 알려왔다.

이 책에서 타이러는 인류가 자신의 몫보다 더 많은 자연, 에너지, 환경을 미래에서 끌어와서 쓰고 있는 '78억 명의 빚쟁이'라고 표현한다. 지구가 1년에 재생할 수 있는 깨끗한 물과 산림, 자원의 양은 한계가 있는데 1년에 사용할 수 있는 양이 100%라고 가정한다면, 78억의 인구는 1년에 100% 이상의 양을 쓰고 있다고 설명했다. 이는 인류가 내년에 쓸 자원을 앞당겨서 계속 쓰고 있는 격이며 돈으로 비유를 하자면 대출을 받아쓰며 빚을 지고 있는 셈이다. 타이러의 말처럼 인류가 우리의 후손들이 써야 할 자원까지 끌어다 쓰다면 5년 뒤, 50년 뒤 지구의 모습은 어떻게 될까?

사회가 발전하고 기술이 진화함에 따라 우리의 삶은 좀 더 편해지고 수명이 길어진 것은 사실이다. 그러나 지구의 상태는 더할 나위 없이 악화되고 있으며 수명은 점차 짧아지고 있다. 어쩌면 우리는 환경문제의 심각성을 익히 알고 있지만 귀찮고 불편하다는 이유로 현실을 외면하고 있었는지도 모른다. 수도를 열면 물이 쏟아지지만, 그 물이 어디에서 왔는지 궁금해하지 않고, 우리가 숨 쉬는 공기가 어디에서 만들어졌는지 궁금해하지 않는 것처럼 과거 환경문제는 다른 어떤 사회 문제보다 늘 외면의 대상이 되어왔다.

결국 타이러는 『두 번째 지구는 없다』를 통해 모든 시작과 끝은 자연이라는 것을 강조한다. 환경을 고려한 기업을 선택해야 하고, 기업과 정부에 친환경 정책을 요구하는 목소리를 지속적으로 내야 한다고 설명했다. 기후 위기를 극복하고 지구 환경을 지키기 위해 우리가 할 수 있는 작은 관심에서부터 시작하기에, 기후 위기에 대한 불편한 진실을 외면하지 않고 작은 실천부터 함께 동참한다면 하나뿐인 지구를 함께 지켜나갈 수 있지 않을까?

WWF에서 제안하는 지구를 위해 실천해야 할 10가지

1. 여름 냉방은 1도 높게, 겨울 난방은 1도 낮게 설정하기
2. 과대포장한 제품, 선물세트 등 피하기
3. 재활용이 어려운 유색 페트병 대신 투명페트병을 사용하고 분리배출하기
4. 플라스틱 통은 여러 번 재사용하기
5. 음료 마실 때 빨대나 일회용 플라스틱 컵 사용하지 않기
6. 수도꼭지를 잘 잠그고 샤워 시간 줄이기
7. 화장지, 종이, 가구 등 모든 목재 및 임산물에 FSC(국제산림관리협회) 인증 라벨 확인하기(FSC 인증 라벨 제품을 사용하면 지속 가능한 방식으로 관리된 나무를 선택함으로써 숲과 야생동물들 모두 보전할 수 있다)
8. 종이를 절약하여 사용하고 재활용하기
9. 가능한 걸거나 자전거 및 대중교통 이용하기
10. 어린 생선(꽂치, 노가리, 총알 오징어 등) 구매하지 않기

『두 번째 지구는 없다』 142 페이지 중

SIT NEWS

2021. Autumn Vol.11



서울기술연구원, 서울시와 2021 서울국제도시회복력 포럼 개최



서울기술연구원은 지난 9월 28(화) 온라인으로 <2021 서울 국제 도시회복력 포럼>을 주관했다. 금번 포럼은 ‘코로나 이후 새로운 일상과 도시의 회복력’이라는 주제로 각종 신종 재난으로부터 도시회복력을 확보하고 해결방안을 모색하고자 마련된 자리로 서울시 및 UNDRR(유엔재해경감사무국)과 공동으로 주관했다. 오세훈 서울특별시시장님의 개회사와 고인석 원장님의 환영사로 막을 연 금번 포럼에서 반기문 이사장의 기조연설이 이어졌다. 이어서 연구원의 김태희 본부장님과 최준영 데이터사이언스 센터장이 각각 좌장과 발표자로 참여하여 각국의 해외도시 전문가와 지속가능한 도시 발전을 위한 글로벌 협력과 도시회복력 사례를 공유하며 진행되었다.

서울기술연구원, 제 2기 홍보서포터즈 선발 및 위촉식 개최



서울기술연구원은 지난 9월 15일(수) 제 2기 홍보서포터즈 위촉식을 비대면으로 개최했다. 금번 선발된 홍보서포터즈 7인은 올 9월부터 내년 8월까지 활동할 예정이며, 주요 활동 내용은 △연구원 관련 홍보콘텐츠 제작 및 홍보 △ 연구원 포럼 등 주요행사 참여 및 온라인 홍보지원 △매월 미션회의의 참석 및 연구성과 홍보 확산 등이다. 금번 홍보서포터즈 역시 매월 미션회의를 통해 제출한 홍보콘텐츠를 기준으로 월별 우수서포터를 선정할 예정이다. 더 나은 서울을 위한 서울기술연구원의 다양한 연구성과와 개최 포럼을 시민에게 알리는 징검다리 역할을 할 홍보 서포터즈의 활동에 기대와 박수를 보낸다.



서울기술연구원, 2021년도 제2회 시민UCC공모전 개최

2021년 제2회 서울기술연구원
**시민UCC
공모전**

공모명
2021년 제2회 서울기술연구원 시민 UCC공모전

접수기간
2021년 9월 13일(화)~2021년 10월 1일(금)(18일간)

참가자격
서울시민 누구나 / 개인 또는 4인 이하의 팀

응모방법
이메일 접수 / 서울기술연구원 홈페이지 공지사항에서 참가신청서 및 용역서를 내려받아 담당자 이메일(sitpress@sit.re.kr)로 제출

공모주제

1. 주요 도시문제가 해결된 안전한 미래 서울의 모습을 표현한 영상
2. 재난피해와 환경재해 등을 최소화하며 선제적으로 대비한 미래 서울의 모습을 표현한 영상

※ 위 주제 중 적절하여 서울기술연구원 역할감 하는 일종 시민이 이해하기 쉽게 알리며, 흥미와 관심을 유도할 수 있게 참신하고 완성도 있게 제작

작품규격

구분 UCC영상	최우수 1인 혹은 1팀 상금 100만원 + 서울기술연구원장상
작품규격 형식 : 분해로그, 입방, 드로잉, 다크네이션, 컴퍼인, 링크, 애니메이션 등 자유에 영상 제작 해상도 : 1920x1080pixel 권장 분량 : 40초 이상 3분 이내 포맷형태 : MP4, MOV, WMV	우수 2인 혹은 2팀 상금 50만원 + 서울기술연구원장상
제출시 제목 [시민공모] UCC공모전_작성방법	합계 총 3명(팀) 총 200만원

시상내역

※ 동일 주제의 경우내 참가 시선공제 및
동일한 동영상을 업로드 시, 해당공제대상
수소부 적용함

※ 10월 15일 이전 서울기술연구원
홈페이지에 공고해주시고,

※ 공모시 작품, 공모전 신청서 등
개인정보보호법 관련 법적 적용

서울기술연구원은 서울시민이 꿈꾸고 바라는 미래도시 서울과 관련된 영상을 시민 UCC공모전을 개최한다고 밝혔다. 접수기간은 9월 13일(월)부터 10월 1일(금) 24:00까지며 지원자는 △ 주요 도시문제가 해결된 안전한 미래 서울의 모습을 표현한 영상 혹은 △ 재난피해와 환경재해 등을 최소화하며 선제적으로 대비한 미래 서울의 모습을 표현한 영상 중 하나를 택하여 제작하면 된다. 제출된 영상은 심사를 거쳐 총 3편의 수상작을 선정할 예정이며, 오는 10월 중 ▲ 최우수 개인 1인(팀) 100만원 ▲ 우수 개인 2인(팀)에게는 50만원씩과 각각 서울기술연구원장상을 수여할 계획이다.

