

2020. Summer Vol.06

서울기술 연구

기획특집

포스트 코로나 시대의
기술 및 정책동향



COVID-19

CONTENTS

2020. Summer Vol.06



4 기획특집

코로나19와 도시 데이터 사이언스

포스트 코로나에 대비한 서울 도시철도 혼잡관리 정책

포스트 코로나19 시대, 디지털 헬스케어 유망기술 동향

글로벌 표준이 된 K-방역, 전 세계가 주목하다

21 기술 풍향계

IoT 화재센서와 인공지능을 이용한 능동형 화재대피로 안내 기술

시설물 유지관리, 현상 중심의 사후보수에서 데이터 기반 성능평가로

조경 식물 분야의 신기술 동향

친환경 소재로서 바이오차의 공학적 응용과 미래

코로나19 이후 사회의 예측과 논란

41 신기술 시대

지속가능한 시설물 유지관리를 위한 디지털영상 활용전략

LOHC를 이용한 안전한 수소 저장 기술

IoT를 활용한 스마트 환기시스템

코로나19에 대응하는 방역(防疫) 나노기술

창업붐을 이끄는 신기술접수소

53 일상과 기술

54 SIT NEWS

서울기술연구

발행일 2020년 6월 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

조가영, 신인재, 최우석

편집간사 송지현

디자인·제작 ㈜KS센세이션 02-761-0031

Special Edition

포스트 코로나 시대의 기술 및 정책동향



01

코로나19와 도시 데이터 사이언스

황승식 서울대 보건대학원 교수

최준영 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

02

포스트 코로나에 대비한

서울 도시철도 혼잡관리 정책

조혜림 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

03

포스트 코로나19 시대,

디지털 헬스케어 유망기술 동향

문성철 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

04

글로벌 표준이 된 K-방역,

전 세계가 주목하다

코로나19와 도시 데이터 사이언스¹⁾

황승식 / 서울대 보건대학원 교수, KBS 재난방송 전문위원, 과학잡지 <에피> 편집위원
최준영 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

역학은 전염병을 예방하기 위한 방법을 찾는 의학의 한 분야이다. 코로나19가 기승을 부리자 K-방역의 근간에는 고도로 디지털화된 도시의 활동정보에 기반한 디지털 접촉자 추적이 큰 성과를 거두기도 했다. 이제 많은 도시 정부들은 코로나19와 같은 전염병 문제를 극복하기 위해 효과적이고 빠르게 도시를 바꿔나가는 전략적 도시주의 정책을 시행하고 있다.





대도시와 역학조사



존 스노(John Snow)라는 평범한 이름의 의사가 있다. 조지 R. R. 마틴 원작으로 용이 불을 뿜는 인기 드라마의 주인공 존 스노(Jon Snow)와는 철차 하나만 다르다. 스노는 19세기 빅토리아 시기 영국의 다른 의료계 명망가와 달리 요크셔 노동자 가정의 장남으로 태어났다. 런던 대학에서 의학사 및 의학 박사 학위를 받고 외과의사로 개업했지만 에테르와 클로로포름을 이용한 마취 실력으로 더욱 유명했다. 1853년 봄에는 여덟째 아이를 출산한 빅토리아 여왕의 클로로포름 마취를 담당해 최고의 명의로 신분 상승을 이뤘다.

스노는 마취와 관련된 업적만으로도 의학의 역사에 당당히 이름을 남기기에 부족함이 없지만 그의 지적 탐색 능력이 최고로 발휘되어 뚜렷한 족적을 남긴 분야는 역학과 공중보건학이었다. 1840년대 말 영국은 콜레라가 심각한 상황이었다. 당시는 콜레라의 원인에 대해 각종 이론이 난무했다. 콜레라가 사람에서 사람으로 옮겨지는 과정에 감기처럼 매개체가 있을 것이라는 감염론과 비위생적인 공간에 가득 찬 독기(miasma) 때문이라는 독기론이 맞았다. 에드윈 채드윅이나 윌리엄 파와 같은 공중보건 전문가조차 미신과도 같은 독기론을 지지했다.

스노는 1848년 콜레라 자료에 뚜렷한 특징을 발견하고 정체 모를 매개체를 통해 옮는다고 생각했다. 콜레라에 감염된 환자의 배설물에 직접 접촉하거나 배설물에 오염된 물을 마셔 생긴다고 믿었다. 감염론을 입증하기 위해 스노는 콜레라가 발생한 빈민촌을 꼼꼼히 조사해 증거를 모았고 런던에 식수를 제공하는 회사의 자료를 모았다. 두 자료를 취합해 스노는 특정 상수회사의 상수도가 오염돼 콜레라 발생이 높다는 가설을 세우고 콜레라가 유행한 브로드가의 펌프를 제거하여

사망자를 줄이는 역사적 성공을 거뒀다.

역학은 개별 환자를 진단하고 치료하는 임상 의학과 달리 인구집단을 대상으로 질병의 원인을 파악하고 대처 방법을 찾는 의학의 한 분야다. 스노의 업적은 현대적 의미의 역학 조사와 비교해도 손색이 없는 모범 사례다. 콜레라 대규모 유행을 통계적으로 분석하고 현장 조사를 통해 감염 경로와 원인을 밝혀 콜레라 감염에 대한 새로운 이론과 분석 기법을 창안했다. 더욱 놀라운 사실은 콜레라 감염의 원인균인 비브리오 콜레라 박테리아는 스노가 뇌졸중으로 사망한 지 25년이 지난 1883년에서야 독일의 병리학자 로베르트 코흐가 확인했다는 점이다.

150년 전 런던이 직면했던 상황처럼 깨끗한 물을 구하기 어려운 도시 빈민가도 여전히 많다. 안전한 마실 물이 없는 인구가 11억 명이 넘고, 상하수도와 같은 공중 위생 서비스를 못 받는 인구가 전 세계 인구의 절반인 약 30억 명이다. 콜레라와 같은 감염성 질환으로 사망하는 어린이만 해도 매년 200만 명이다. 새로운 지적 탐색에 열정적이었던 스노가 오래 살았다면 콜레라가 아닌 다른 문제를 해결하기 위해 노력했겠지만 스노의 업적으로 공중 위생 운동은 전기를 맞았다. 생전 스노의 감염론을 격하게 반대했던 채드윅의 공중 위생 개선 주장은 역설적이게도 스노의 업적 이후 한층 강화된 제도로 안착했다.

감염병 예측과 스마트 도시

21세기 세계의 거대 도시는 19세기 런던과 비교할 수 없을 정도로 공중 위생 상태가 개선됐다. 감염병학과 쓰레기 관리 기술 등이 비약적으로

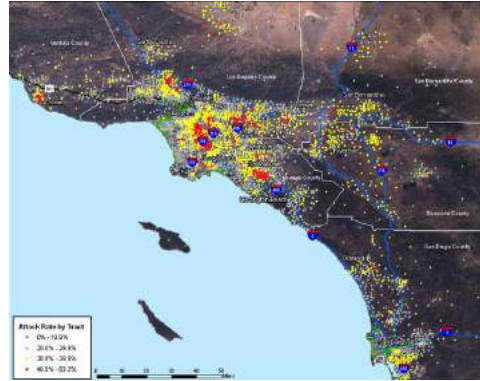
1) 본 글은 황승식 교수가 2018년 4월 11일 경향신문에 기고한 "2048년, 미래도시의 역학 조사" 내용을 코로나19 전염병의 대유행에 따라 재구성하였음을 밝힙니다.

발전하였고 관련 전문 지식은 인터넷을 통해 확산되고 있다. 스노가 브로드 가를 집집마다 확인하여 작성한 지도를 지금은 데이터베이스에 접속해 컴퓨터 화면에 지도로 그려낼 수도 있다. 미국 질병관리본부는 인플루엔자 발생에 대한 보고서를 매주 업데이트하고 다양한 도표와 지도로 제공하고 있다. 구글이 개발한 플루 트렌드는 전 세계 구글 이용자들의 검색 데이터베이스를 가공하여 인플루엔자 확산 현황과 예측 정보를 만들고 있다.

현대 역학의 주된 접근 방법은 19세기 중반 스노의 활동처럼 희생자 개인의 이력과 접촉한 사람을 찾아 정보를 얻는 일이다. 2015년 메르스 유행 당시 역학 조사관은 감염 경로를 파악하기 위해 폐쇄회로티브(CCTV)에 찍힌 비디오파일과 카드 사용 내역까지 분석했다. 2020년 초 중국 우한에서 최초로 확인된 코로나19 감염병이 전 세계로 급속하게 확산되고 있다. 2020년 역학 조사관은 접촉자를 파악하기 위해 LTE 휴대전화 신호도 분석하고 있다. 질병 확산을 이해하고 예측하는 데 이용하는 많은 수학적 모형은 다수의 사람들이 집단적으로 접촉하는 상황만을 가정하고 있다. 개인이 서로 어떤 식으로 접촉하는지 보여주는 현실적 모형이 없고, 수많은 대중의 이동을 모형화하는 데 필요한 기술과 계산을 감당할 수 없기 때문이었다.

2004년 로스앨러모스국립연구소 연구진은 고성능 슈퍼컴퓨터 클러스터와 애초 도시계획 용도로 개발한 트랜심스(TranSimS)라는 모형을 활용해 몇백만 명을 대상으로 개인 간의 접촉을 모형화한 역학 시뮬레이션 모형 에피심스(EpiSimS)를 개발했다. 에피심스에서는 가상의 병원균을 인구집단에 퍼뜨려 병원균이 퍼져나가는 모습을 관찰하고, 여러 대응조치가 어떤 효과가 있는지

그림 1. OPPIE*를 이용한 감염병 시뮬레이션으로 남부 캘리포니아의 임상 공격률을 경중(노란색)에서 중중(붉은색)까지의 단계로 분석하였다.[1]



* 지역의 질병 확산을 모델링하여 질병 예방, 중재 및 반응 전략을 평가할 수 있는 확률론적 행위자 기반 시뮬레이션(Stochastic Agent Based Simulation)인 에피심스(EpiSimS)는 이후 연구소 초대 소장인 오펜하이머의 이름을 따 OPPIE로 변경되었다.

알아볼 수 있다<그림 1>. 모의실험을 통해 질병이 퍼지는 과정에 사회 연결망 구조를 포함시키자 질병이 지수적으로 급속히 확산된다는 사실을 시각적으로 확인할 수 있었다. 모의실험을 통해 질병 확산을 중단시키기 위해서는 어떤 대응조치를 선택할 것인가가 아니라 얼마나 빨리 대응조치를 발동할 것인가에 달려있음을 알게 됐다.

지금까지 성공적인 우리나라 방역의 근간에는 고도로 디지털화된 도시의 활동정보에 기반해 확진자를 감시하고 추적하는 디지털 접촉자 추적이 큰 역할을 해 왔다. 거슬러 올라가면 2000년 중반 등장한 유비쿼터스 도시는 정보기술을 통한 도시의 미래 비전을 제시하는 듯했으나, CCTV를 비롯한 인프라에 대한 과잉투자 등 비판을 받으며 2008년 글로벌 금융위기 이후 부동산 경기 후퇴와 함께 프로젝트가 축소되었다. 이번 코로나19 감염병 대유행에서는 국토부가 스마트시티 데이터 허브 시스템을 이용하여 코로나19 역학조사 지원

시스템을 구축하고 지방정부의 확진자 동선추적을 위한 영상 분석이 활용되면서 스마트도시 투자가 빛을 발하게 되었다.

통신과 신용카드 데이터를 이용한 디지털 접촉 추적기술은 코로넨티콘(코로나+파놉티콘, 정보기술을 통한 개인 사생활의 감시통제의 은유적 표현)이라 불리며 사생활 논란이 없지 않으나 감염 경로 파악에 큰 도움을 주었다. 최근에는 블루투스 기술을 이용하여 접촉추적과 사생활 문제를 모두 해결하기 위한 기술개발도 이루어지고 있다.

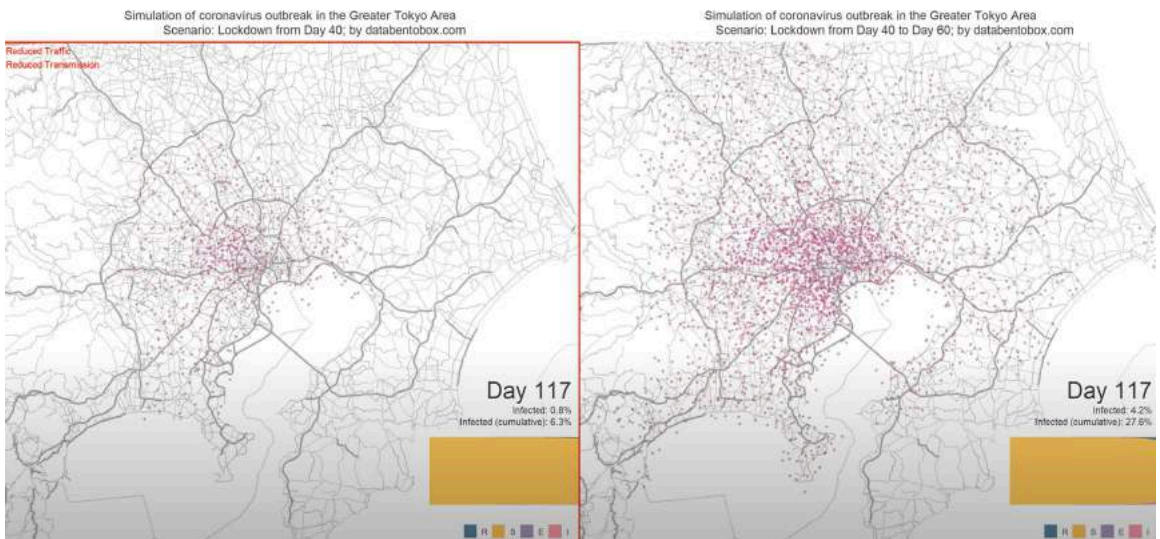
도시 데이터 사이언스

지난 2월과 3월 대구에서의 급격한 확진자 증가로 의료자원 부족에 직면했던 문제를 경험한 바 있다. 인구가 밀집한 수도권에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 최소한 2~3일 전에라도 2차 대유행을 예측할 수 있는 시공간적 역학 모델의 개발과 운영이 필요하다. 현재 사용되는 감염병

시뮬레이션은 인구집단을 비감염자(S, Susceptible), 감염자(I, Infectious), 회복 환자(R, Recovered)로 나누어 비감염자가 감염자를 만나 감염확률에 따라 새로운 감염자가 되는 SIR 모형과 감염노출(E, Exposure)이 포함된 SEIR 모형이 대표적이다<그림 2>. 디지털 접촉 추적기술을 통해 감염자를 감시할 수 있는 지금은 방대한 개인 간 감염 및 확산에 관한 기초자료의 수집과 빅데이터 기술을 이용한 처리가 가능해졌다.

KT는 글로벌 감염병 확산 방지 플랫폼(GEPP)을 출범시켜 통신 데이터에 인공지능(AI) 기술을 접목한 기술을 소개하고 있다. 독일 막스플랑크 인간개발 연구소는 디지털 동원(digital mobilization)의 개념을 이용해 트위터나 페이스북과 같은 소셜미디어에서 개인의 사회적 네트워크를 통한 전염병 확산모형을 개발하고 있다. 또한 국내외 대학 및 연구소에서도 빅데이터, 인공지능을 활용한 예측모형 개발에 박차를 가하고 있다.

그림 2. 동경도를 대상으로 인구 이동 기종점 데이터를 결합한 SEIR 모형을 이용하여 록다운(이동제한)을 감염자 발생 40일부터 지속하는 경우와 40일에서 60일까지만 유지한 두 가지 경우의 시나리오로 감염확산을 분석하였다.[2]




66 역학조사를 위해 수집된 정보를 분석 및 해석하고 모형화하는 과정은 전통적인 방법과는 다른 모습이어야 한다 99

경제활동인구가 높은 서울에서는 효과적인 방역을 위해 인구밀집지역인 핫스팟의 인구밀집 정도와 이동패턴 분석이 꼭 필요하다. 모바일 통신자료와 신용카드 이용 정보를 융합하여 특정 지점별 유동인구를 산출하면 시공간적으로 높은 정확도의 인구밀집도를 산출할 수 있다. 또한 CCTV 영상인식을 통한 보행량 추정도 필요하며, 서울시 생활 방역사를 통해 수집될 비계량적 확산 요인 수집도 데이터 수집의 한 방법이 될 수 있다.

데이터 수집에 앞서 고려할 사항은 스마트폰 방역 앱을 이용한 데이터 수집 자동화와 함께 창의적인 아이디어의 발굴이다. 역학조사를 위해 수집된 정보를 분석 및 해석하고 모형화하는 과정은 전통적인 방법과는 다른 모습이어야 한다. 기존에는 일선 의료종사자가 자료를 수집하고, 역학자와 수학자가 모형화에 참여하는 형태였다. 그러나 데이터화된 스마트 도시의 활동체계에서는 자료수집에 데이터 큐레이터, 데이터 공학자, 모형화에는 물리학자, 사회학자, 도시학자와 같은 다양한 전문분야를 가진 데이터 과학자의 참여가 늘어나야 한다.

코로나19와 같은 전염병 문제를 극복하기 위해 많은 도시 정부들은 효과적이고 빠르게 도시를 바꿔나가는 전략적 도시주의(tactical urbanism) 정책을 시행하고 있다. 임시 자전거 도로 차선 확충과 같은 방법을 통해 한시적으로 공공 공간(public open space)을 늘려나가는 것이 대표적 사례이다. 물리적 거리두기를 위한 개인형 이동수단

장려책으로 콜롬비아 수도 보고타에 조성된 시클로비아(Ciclovia)와 같은 자전거 전용도로를 우리나라 대도시에서 보게 되는 것이 낯선 일은 아닐 것이다. 일과 여가와 같은 기회의 공간으로서의 도시에서 전염병의 위험이 일상화가 될 것이 확실한 포스트 코로나 시대에는 바로 도시라는 기회의 공간을 유지할 공간 설계 기술과 데이터 과학이 뉴 노멀이 될 것이 확실하다.

2014년 말 싱가포르를 버추얼 싱가포르 프로젝트를 시작해 도시를 3차원으로 모사한 도시 가상화 모델을 만들어 공개할 예정이다. 현실 세계에 존재하는 물리적 대상의 형상, 성질, 상태 등의 정보를 사이버세계에 동일하게 구현하는 개념인 디지털 트윈(digital twin)은 세종과 부산의 스마트도시에 실증 사업으로 진행 중이다. 앞으로 발생하는 신종 감염병 역학 조사를 맡을 조앤 스노(Joan Snow)는 아마도 의학·보건학 전공자가 아니라 프로그래밍에 능숙한 데이터 과학자일 것이다. 

참고문헌

[1] 로스앨러모스 국립연구소:

<https://www.lanl.gov/projects/mathematical-computational-epidemiology/agent-based-modeling.php>

[2] Simulating Coronavirus Outbreak in City with Origin-Destination Matrix and SEIR Model:

<https://www.r-bloggers.com/simulating-coronavirus-outbreak-in-city-with-origin-destination-matrix-and-seir-model/>



포스트 코로나에 대비한 서울 도시철도 혼잡관리 정책

조혜림 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

국내 사회는 코로나 바이러스로 인해 대규모 감염자가 발생되면서 많은 인명·사회적 손실이 발생하였으며, 이로 인해 현대인들은 바이러스 예방을 위해 사회적 거리를 두며 실내 활동 중심의 생활을 시작하였다. 그 과정에서 온라인 개강, 재택근무 및 화상회의 활성화 등 사회 활동방식에 많은 변화가 있었고, 이러한 변화는 통행 행태에도 많은 영향을 끼쳤다.

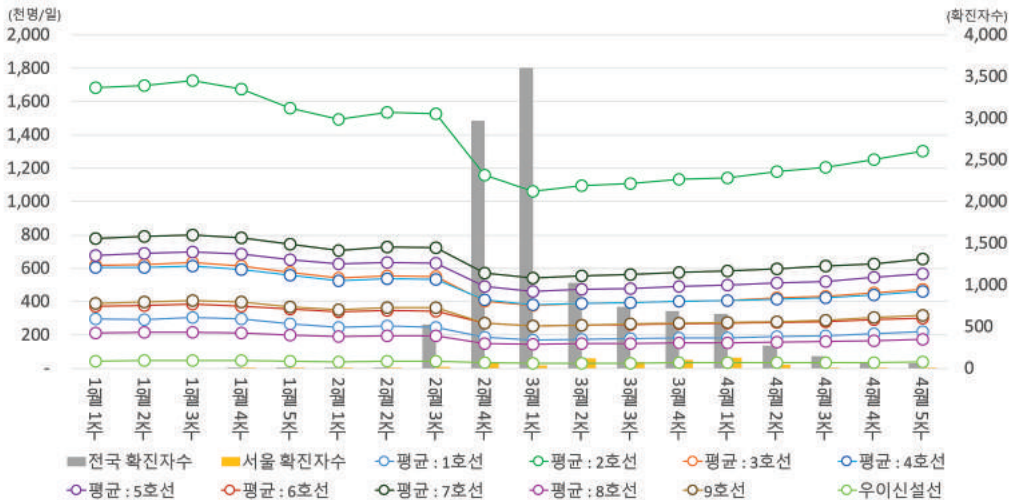
1. 들어가기

한국의 코로나19 첫 감염자는 '20년 1월 20일 발생하였다. 약 한 달이 지난 2월 18일 대구에서 31번 확진자가 발생하면서 대규모 집단 감염으로 확산 되었으며, 4월 말 생활방역으로 전환되기 전까지 10,765명이 확진되었다. 서울 역시 2월 21일 은평병원 집단감염을 시작으로 총 4회의 집단 감염(동대문구, 구로구콜센터, 구로교회)이 발생하였다. 3월 10일 구로콜센터 집단감염으로 일일 확진자 최고 수준 (46명)을 나타내었고 4월 9일부터 일평균 10명

이내로 점차 감소하였다.

대규모 감염자 발생 및 확산은 우리 사회에 많은 변화를 가져왔다. 집단감염자와 사망자가 발생 하면서 많은 인명·사회적 손실이 발생하였다. 한편 이를 극복하는 과정에서 온라인 개강, 재택근무 등 사회 활동방식에도 많은 변화가 있었으며 이는 곧바로 통행 변화의 형태로 나타났다. 특히 도시교통, 그중에서도 가장 큰 영향을 받은 수단은 대중교통이다. 본고에서는 이 중 도시철도의 통행 추이 및 향후 정책방향에 대해 제시한다.

그림 1. 지하철 노선별 이용자 수 변화 및 전국 확진자 수



2. 지하철 이용자 -35% 감소...

1호선 가장 크게 줄어

지하철 이용자 수는 전국 코로나 확진자 수가 급증했던 2월 4주부터 급격한 감소 추세를 나타내었으며 작년 동월 대비 -35.1% 이용자 감소율을 나타내었다. 노선별 이용자 수 감소 추세를 살펴보면 도심 주요 지역을 연결하는 1, 3, 4호선, 그리고 9호선의 이용자 감소율이 -40% 이상으로 나타나 가장 크게 영향을 받은 것으로 분석되었다. [그림 1, 2]

지역별 대중교통 이용자 추이를 살펴보면 중구, 종로구, 용산구, 서초구, 강남구, 송파구 등의 이용자 수의 감소가 가장 높은 것으로 나타났다. 주변 토지 이용을 고려할 때 업무지구를 중심으로 대중교통을 이용한 출퇴근 등 상시통행행태가 많은 영향을 받은 것으로 유추되었다. 이용자 수 변화 추이를 권종별로 살펴보면 개학 연기 등의 영향으로 20년 1월 기준 어린이 이용객이 -73.2%, 청소년 -56.1%의 감소율을 나타냈으며, 감염병에 취약한 65세 이상 노인들 역시 -46.0% 감소된 것으로 나타났다. [그림 3, 4]

3. 가장 많은 이용자가 감소한 강남역...

감소율은 한양대역이 높아

가장 많은 이용자가 감소한 역사는 강남역(2호선)으로 일 이용자 수가 전년 대비 약 99천 명이 감소하여 -43.4%의 감소율을 나타내었다. 반면 감소율 자체가 높은 역사는 한양대역(2호선)으로 통학통행이 주로 발생하는 토지이용 특성상 온라인 개강 등의 영향에 따라 전년 대비 약 70% 이용자가 감소한 것으로 분석되었다. [표 1, 2]

시간대별 이용패턴을 살펴보면 첨두시 보다는 비첨두시의 감소율이 더욱 큰 것으로 나타났다. 또한 역사 주변 토지이용에 따라라도 변화 패턴은 상이하게 나타났다. 업무지구가 집중된 시청역이나 여의도역의 경우 오전 오후 첨두시 교통량은 감소하였으나 패턴은

그림 2. 전년 대비 노선별 이용자 수 최대 감소율

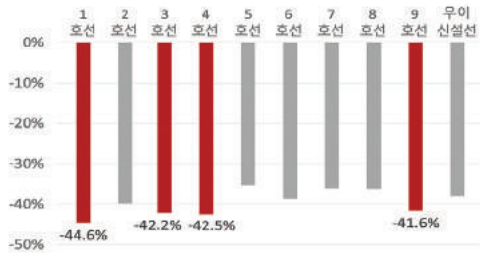


표 1. 전년 대비 최대 감소 역사(감소인원)

순위	역명	이용자수(천인/일)		감소율
		'19.3	'20.3	
1	강남역	229	130	-43.4%
2	잠실역	173	101	-42.3%
3	홍대입구역	166	79	-52.4%
4	신림	157	106	-32.3%
5	구로디지털단지	152	103	-31.8%

표 2. 전년 대비 최대 감소 역사(감소율)

순위	역명	이용자수(천인/일)		감소율
		'19.3	'20.3	
1	한양대역	38	11	-70.5%
2	명동역	91	28	-69.1%
3	이대역	54	17	-68.0%
4	동대입구	30	12	-59.8%
5	고속터미널	112	47	-59.1%

그대로 유지하는 것으로 나타나는 반면, 강남역, 명동 등 기타 통행으로 비첨두시에도 이용자가 많았던 역들의 경우 통행 감소율이 특히 높은 것으로 나타났다. 한양대의 경우 온라인 개강 등으로 첨두·비첨두 패턴이 거의 보이지 않았으며, 고속터미널의 경우 역시 오후 첨두시 패턴이 상당히 변형된 것을 확인할 수 있었다. [그림 5]

4. 시민의 눈높이에 맞는 대중교통 혼잡관리 정책 수립해야

5월 6일 정부 지침이 완료된 사회적 거리두기에서 생활속 거리두기로 전환된 이후 약 1개월이 지난

그림 3. 자치구별 지하철 이용자 수 감소현황

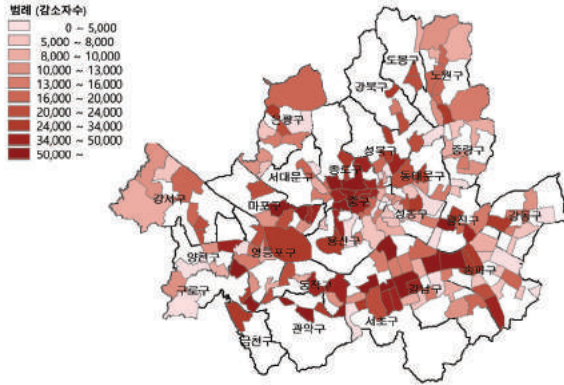


그림 4. '20년 1월 대비 이용자 권종별 감소율

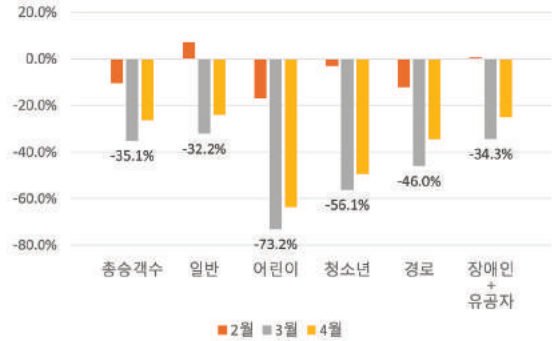
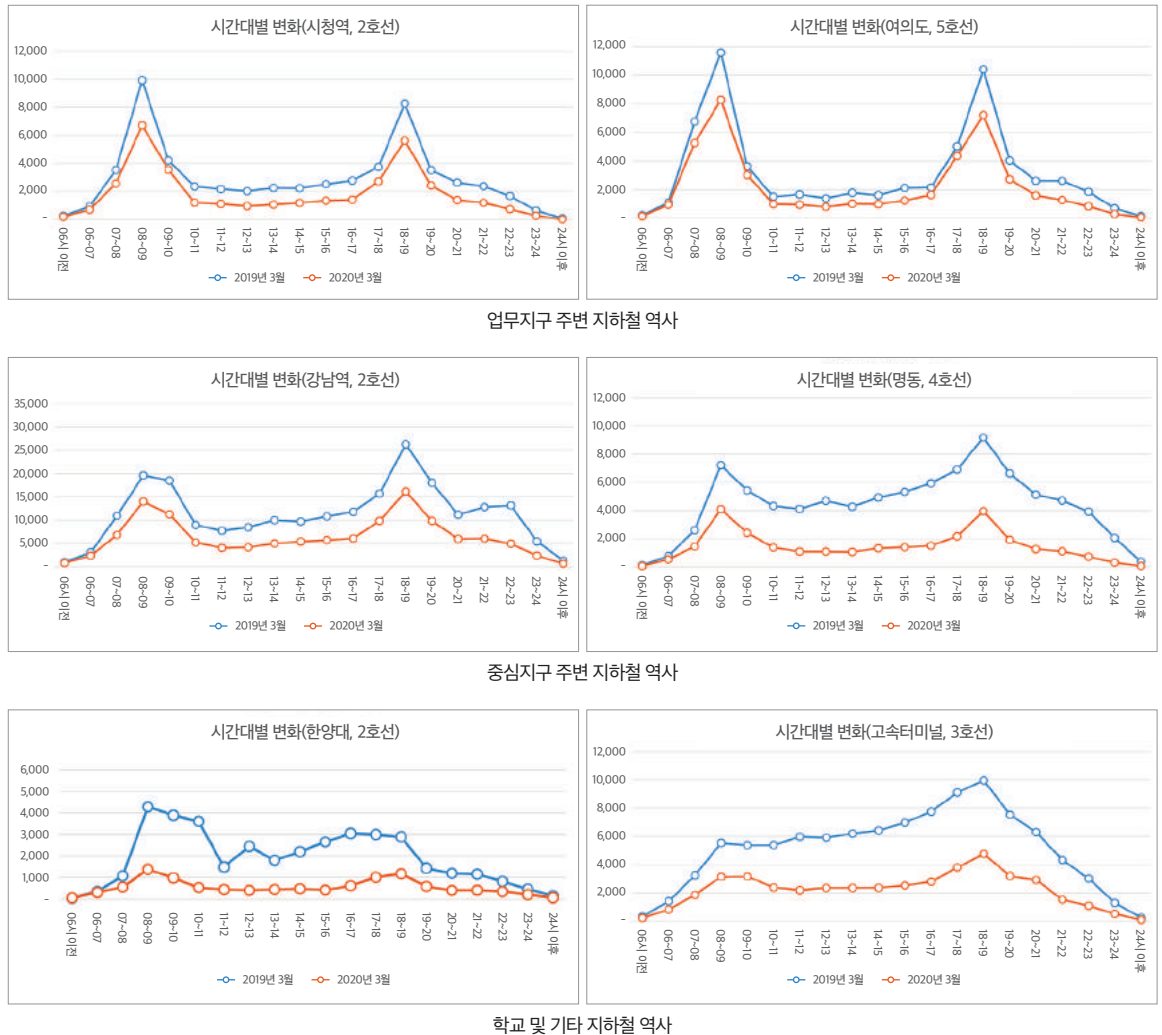


그림 5. 역사 유형별 시간대별 통행패턴 변화



업무지구 주변 지하철 역사


중심지구 주변 지하철 역사

학교 및 기타 지하철 역사

지금 아직까지 코로나19는 현재 진행 중이다. 5월 이태원 코로나19 집단 발생의 N차 전파 등을 고려할 때 여전히 위험요인이 존재하며, 2차 팬데믹은 물론, 변형된 호흡기 감염병 발발에 대한 우려도 높다. 이러한 가운데 코로나19가 야기한 생활의 변화로는 재택·원격근무, 온라인 강의 등 비대면 업무가 새로운 업무방식, 즉, 뉴 노멀(New Normal)로 급부상하고 있다. 또한 개인 위생 및 안전을 고려하여 밀집된 환경을 기피하고 대인접촉을 최소화하는 언택트 솔루션에 관심이 몰리고 있다. 이러한 사회의 변화를 고려하여 도시교통도 감염병 예방을 충분히 고려한 정책방향을 정립하고 준비해야 한다.

우선 가장 먼저 추진할 대중교통 정책방향은 한정된 대중교통 용량 내 교통 수요의 분산과 대중교통의 철저한 방역이다. 다행히 대중교통에서의 감염사례는 아직까지는 없다. 다만 밀집된 폐쇄 환경을 기피하는 시민들에게 혼잡도가 높은 도시철도는 위험요인으로 인식될 수밖에 없다. 그렇다면 대중교통을 안심하고 이용할 수 있는 환경을 만들어 주는 것이 첫 번째일 것이다. 가장 좋은 방법은 대중교통 혼잡도를 해소할 수 있도록 증차를 추진하는 것이다. 특히 최대 혼잡도가 150% 이상 되는 9호선 급행, 지하철 2호선(172.7%), 우이신설선(187%)이 주된 노선이 될 것이다. 현재는 코로나19 감염우려로 인해 일시적으로 혼잡도가 저하되어 있으나 서울시는 6월 중 서울 도시철도는 이전 혼잡도를 회복할 것으로 내다보고 있다. 다만 증차는 구매, 제작, 시험운행 등 장기간 소요되는 과정인 만큼 단기 정책으로 추진하기에는 어려움이 있다. 이에 혼잡도 100%~130%를 혼잡도 관리 목표로 두고 최대 150%의 혼잡도를 넘지 않도록 강화된 수요관리정책을 도입하여 첨두시 교통수요를 시공간적으로 분산할 필요가 있다. 이번 코로나19 발생으로 인해 각 기업에서 자발적으로

재택·원격근무, 시차출퇴근제를 적용하면서 비대면 업무 가능성을 충분히 확인한 바 있다. 또한 개인은 물론 공공의 안전을 위해 자발적 자가격리를 하거나 개인정보를 제공하는 등 공공 안전을 위한 양보의사(Willingness to yield) 역시 높아지고 있다. 이에 공공의 안전을 위해 일정 규모 이상 기업을 대상으로 페널티 기반의 의무적 수요분산정책을 도입하고 이에 대한 사회적 합의가 필요하다.

단기 정책으로 수요관리를 중시하였다면, 중장기 정책으로는 보다 근본적으로 개인 위생을 고려하여 시민의 눈높이에 부합하는 수준까지 시설 확충이 필요하다. 현재 지하철 혼잡도 기준은 1998년 도시철도차량 표준사항으로 제시된 혼잡도 100% 기준의 0.33m²/명이며, 실제 증차 기준인 혼잡도 150%를 기준으로 할 때 0.22m²/명이다. 코로나19 감염방지는 물론 약 20여 년간 증가된 서울시민 체격변화는 물론 백팩 등 소지품 변화까지 고려할 때 향후에는 개인 위생거리를 고려한 1인당 면적기준 개선 및 이에 따른 증차 등 대중교통 시설 확충이 필요하다. 물론 증차를 하기 위해서는 상당한 자원 조달과 서울교통공사 등 도시철도 운영기관의 적자 보존 등 여러 가지 추진상 문제점이 상존해 있지만 이는 요금현실화 등으로 해결할 문제라 판단된다. 이번 코로나19 사태를 계기로 대중교통 서비스 수준을 제고하여 많은 시민들이 안심하고 이용할 수 있는 대중교통 환경이 조성되기를 기대해 본다. 

▣ 참고문헌

- [1] 서울시 교통정보시스템(<https://topis.seoul.go.kr/>) 대중교통 정보(2019, 2020)
- [2] 서울교통공사, 1~8호선 일별·역별·시간대별 승하차 인원(2019, 2020)
- [3] 국토교통부(건설교통부), 1998, 「도시철도차량표준사항」
- [4] 국토교통부, 2013, 「도시철도차량 표준규격」
- [5] 서울기술연구원(2019), 「경전철 추가도입을 위한 개선방안 연구」
- [6] 서울연구원(2019), 서울인포그래픽스, 「1998년과 2017년 서울 청년들의 체격·체력변화는?」

포스트 코로나19 시대, 디지털 헬스케어 유망기술 동향

문성철 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

코로나19로 인해 비대면 경제가 새롭게 떠오르면서 삶의 방식이 이전과 크게 달라질 수 있다는 합리적인 예측이 터져 나오고 있다. 이러한 국면에서 원격진료, 디지털 치료제 등을 포함하는 디지털 헬스케어 분야는 코로나19 뉴노멀 가치표준 정립을 위한 핵심 산업으로 크게 각광받고 있다.



1. 개요

세계보건기구(WHO)에 따르면, 2020년 6월 3일 기준 전 세계 코로나19 확진자는 6,366,788명, 사망자는 383,262명으로 보고되어 코로나19가 여전히 맹위를 떨치고 있음을 알 수 있다 <그림 1>. 국내 코로나19 확진자 수는 11,629명이며 지난 5월 6일 생활 속 거리두기 지침으로 전환한 이후 이태원 집단 감염, 쿠팡 부천 물류센터 집단 감염 등 지역사회 감염이 속출하면서 산발적 감염사태가 지속되고 있는 상황이다. 정부 방역당국과 헬스케어 전문가 그룹 일각에서는 코로나19 바이러스의 생존력이 좋아지고 계절적 특성상 환기 등이 원활히 이루어지지 않는 밀폐된 환경으로 인해, 올겨울 코로나19 2차 대유행 가능성이 지속적으로 제기되고 있다. 또한 글로벌 저명 컨설팅사인 맥킨지도 현재 많은 유망 헬스케어 및 ICT 기업들이 코로나19 언택트 기술(원격진료, 원격모니터링, 디지털 치료제) 및 확진자 접촉여부 추적 솔루션 등을 공격적으로 개발 또는 고도화하는 “Digital-

first front door” 전략으로 관련 산업을 주도하고 있음을 보고하였다¹⁾. 이에 본고에서는 코로나19 2차 대유행과 포스트 코로나 시대에 대비한 언택트 디지털 헬스케어 기술개발 동향을 고찰하고, 헬스케어 분야의 미래 기술전략에 대해 제언하고자 한다.

2. 디지털 헬스케어 유망기술^{3),4),5)}

코로나19로 인해 비대면 생활화가 장기화되면서 코로나19 전후 삶의 방식이 크게 달라질 수 있다는 합리적 예측이 사회경제 전반에 걸쳐 나오고 있다. 즉, 디지털 비대면 가치표준이 삶의 변화를 주도하는 뉴노멀이 도래하고 있어, 디지털 헬스케어 기술과 관련 산업분야가 크게 각광받고 있다. 본 장에서는 비대면 건강관리 및 질병치료를 가능케 하는 원격의료와 디지털 치료제 개발 동향을 중점적으로 살펴보고, 추가적으로 확진자 접촉자 동선을 최소한의 시간으로 추적할 수 있는 플랫폼 개발 동향에 대해서도 살펴보고자 한다.

그림 1. 글로벌 코로나19 확진자 및 사망자 현황²⁾

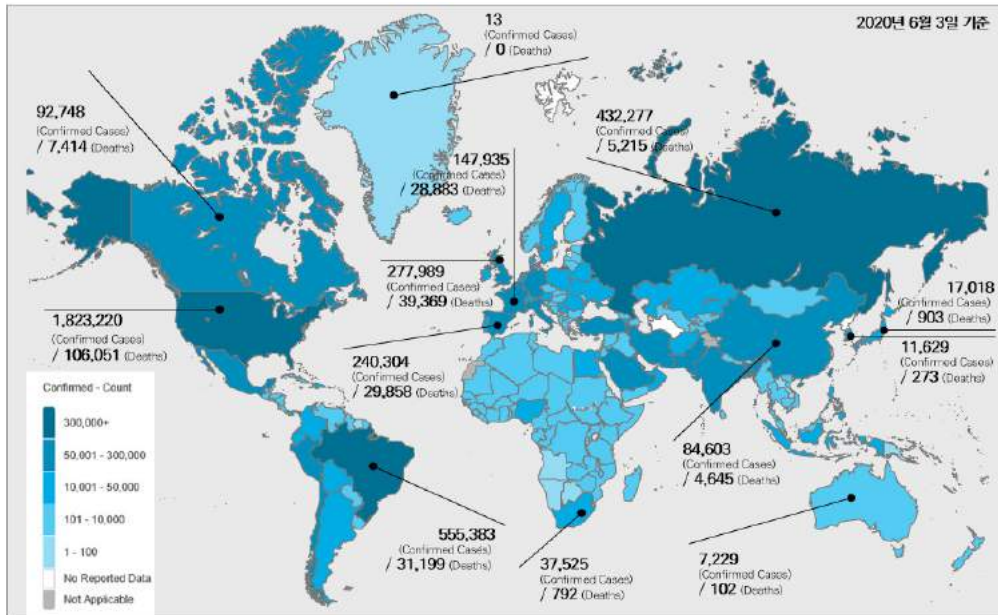


그림 2. 원격진료 모바일 플랫폼 개발 동향⁴⁾

기업명	98point6	텔라닥 (Teladoc)	퍼스트 Derm (First Derm)	힘스 (hims)	메디히어 (MEDIHERE)
카테고리	채팅기반 원격진료	전화, 이메일, 화상전화 기반 원격진료	스마트 폰 촬영 기반 원격 진료	온디맨드 원격처방	원격 화상 진료
주요 이미지					
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 시애틀 소재의 원격진료 스타트업 - 전화번호를 입력하면 모바일로 이용 링크전송 - 챗봇이 자동문진후 해당 내용을 관련 진료과 의사에게 전달하여 채팅 진료 진행 - 첫 세 달 \$30, 이후 1년 구독료 \$120 	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 최초, 최대의 원격 의료 회사 - 3,100명 이상의 의사와 3,600만 명(2019년 미국내 유료 회원수 기준) 사용자가 이용하는 원격의료 플랫폼 - B2B2C 사업모델 (기업고객이 내부 직원을 대표하여 텔라닥에 구독료 지불, 진료비는 개별 진료 발생시 별도 지불) 	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트 폰으로 피부 환부부위를 촬영하여 전송한 후 원격 진료 시행 - 환자가 업로드한 사진을 피부과 전문의가 판독하여 8시간 이내에 결과 전송 - 3만 케이스 이상의 환자 피부 사진 기반 원격진료 이 중 70% 추가 대면 진료 없이 해결, 이용료 \$29.95 부터 시작 	<ul style="list-style-type: none"> - 특정 질병 여부를 판단하여 특정 약 처방 - 발기부전, 탈모 치료제 등에 대한 약을 원격으로 처방하고 배송 - 일반 소매가 보다 50~80% 저렴하게 판매 	<ul style="list-style-type: none"> - 명지병원과 원격 화상 진료 업무협약을 맺고 현재 국내에서 한시적으로 허용된 원격진료 실용화 추진 중 - 진료과목과 의사를 선택하고 증상을 입력한 후 원격진료실 입장/결제시스템 연동과 약국을 지정하여 처방전을 팩스로 전송하는 기능 포함 - 국내 코로나19 확산 기간 동안 무료 - 미국 기준 월 이용료 \$69-\$89.9

2.1 원격의료

원격의료의 경우 크게 원격모니터링과 원격진료로 구분할 수 있으며, 두 가지 사항 모두 현재 국내에서는 불법이거나 코로나19로 인해 한시적으로 허용되고 있는 상태이다. 원격진료의 경우 포스트 코로나 시대의 언택트 헬스케어 기술로 각광받고 있지만 의료 관련 이해관계자가 많아 수년간 시범서비스 단계에 머무르고 있다. 현재 원격진료를 위한 국내외 많은 모바일 플랫폼이 존재하며, 채팅 기반 원격진료부터 전화, 이메일, 화상전화 등이 주요 원격진료의 수단으로 사용되고 있다 <그림 2>. 최선의 치료방식을 가치 제안으로 지향하는 원격진료와 달리 특정한 목적의 약을 처방하는 온디맨드 원격처방 방식도 최근 새로운 사업 모델로 각광받고 있다.

국내에는 메디히어, 엠디스케어, 굿닥, 똑닥

등의 원격진료 서비스 플랫폼 기업들이 한시적 특례로 허용된 전화상담·처방 및 대리처방 기준에 따라 원격진료 실용화를 추진하고 있다. 그러나 원격진료에 대한 정부의 구체적인 가이드라인 없이 비대면 진료로 환언되어 추진되고 있어 일각에서는 이에 대한 비판적인 시각도 존재한다. 국내 디지털

- 1) 내용 출처: Healthcare Providers: Preparing for the next normal after COVID-19, Baur et al, McKinsey & Company, May 8 2020 Article
- 2) 그림 출처: 세계보건기구(WHO) 코로나19 국가별 현황 참조후 재구성(<https://covid19.who.int/region/amro/country/us>)
- 3) 내용 출처: [폴인인사이트] 코로나 이후의 뉴 노멀, 헬스케어의 세 가지 새로운 트렌드, 중앙일보 2020.05.13. (<https://news.ajoins.com/article/23775585>)
- 4) 내용 출처: 디지털 헬스케어 의료의 미래(저: 최윤섭) 및 관련 기업 홈페이지
- 5) 내용 출처: After COVID-19—Thinking Differently About Running the Health Care System, Butler S. M., JAMA Network, JAMA Health Forum, April 23 2020
- 6) 내용 및 그림 출처: 디지털 헬스케어 의료의 미래(저: 최윤섭) 및 관련 기업 홈페이지

그림 3. 원격진료 5하 원칙*

누가	누구에게	언제	무엇을	어떻게
모든 의사 1차 병원 의사 지역별 의사 지역 주치의 원격의료 자격 취득자 (TBD)	모든 환자 만성질환 환자 지역별 환자 단순 호흡기 환자 감염질환 환자 격오지 환자	항상 초진/재진 응급상황 발생 시 팬데믹 상황	진단 및 처방 교육 및 상담 내원 안내 단순 모니터링	문자 음성 전화 화상 전화 웨어러블 챗봇 시 스피커 시 플랫폼

헬스케어 분야 최고 전문가인 최윤섭 디지털 헬스케어 파트너스 대표에 따르면, 원격진료는 의료법 개정이 필요한 사항인 만큼 국내 의료 전달체계 특수성을 고려하여 하기사항에 대한 구체적인 논의가 먼저 이루어져야 한다고 강조하고 있다⁷⁾. 따라서 의료산업계 많은 이해관계자들의 이해상충 관계를 원만하게 조율하고 1차 병원 생태계 붕괴 우려, 의료사고 위험성 등을 포괄적으로 고려한 구체적인 논의가 진행되어야 한다.

2.2 디지털 치료제

디지털 치료제는 앱, 디지털 게임, AVR, 챗봇, AI 스피커 등의 소프트웨어를 기반으로 특정 질병의 치료 및 관리의 의료상 효용을 얻기 위한 언택트 솔루션으로 정의할 수 있다. 디지털 치료제는 임상 시험을 거쳐 FDA/KFDA 승인을 받을 시 수백만, 수 천만 명에게 동시에 약효를 제공할 수 있다는 점에서 무한에 가까운 확장성을 지녀 포스트 코로나19 시대의 미래기술로 각광받고 있다. 이러한 디지털 치료제에 대한 신뢰기술평가나 건강보험 심사평가원의 수가 적용 논의가 구체적으로 진행 된다면 의료 산업계의 게임체인저로도 작용할 수 있는 가능성을 지녔다고 할 수 있다. 다시 말해, 치료 효과와 효용성만 명확히 검증된다면 먹는 약에 비해 부작용이 거의 없어 미래 디지털 헬스케어의 주류로 자리매김할 수 있는 무한한 가능성을 지니고 있다고

할 수 있다. 현재 디지털 치료제는 <그림 4>에서 보는 바와 같이, 알코올·약물중독, ADHD, 불면증, 뇌 손상후 시야장애, 우울증 치료 등을 목적으로 한 모바일 플랫폼 기반 애플리케이션 개발과 관련 FDA/KFDA 승인이 추진되고 있다. <그림 4>에서 구체적으로 언급되어 있는 사례 외에도 국외 빅헬스, 국내 하이, 라이프시맨틱스, 웰트 등이 디지털 치료제 개발에 박차를 가하고 있다.

디지털 치료제는 현재 FDA(510k, Pre-Cert) 승인 사례가 나오는 등 미래 헬스케어 초기 시장으로 개화될 준비를 하고 있다. 그러나 사람의 건강과 질병을 치료하는 분야이므로 응용연구보다는 기초연구에 충실하고 AI 기술과 융합하여 결실을 맺는 접근전략이 필요하다. 또한 동시다발적인 임상을 진행하여 일부 효과를 입증하는 것이 아닌 장기적 관점에서 명확한 효능을 가지고 실용화할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 디지털 치료제는 최근 몇 년 사이에 그 가능성이 보고되고 개발 붐이 형성된 만큼, 국내 헬스케어 산업은 이를 활성화하기 위한 인프라가 부족하고 오랜 시간 동안 이 분야를 연구한 연구자가 부족한 실정이다. 따라서 클라우드 플랫폼으로 비대면 치료를 촉진할 수 있는 디지털 치료제 분야를 비대면 언택트 시대의 신산업으로 집중 육성할 필요가 있다. 국내 디지털 치료제 시장 활성화를 위해서는 데이터 기반의 임상적 유효성과 기술의 효용성이 빠른 시간 안에

그림 4. 디지털 치료제 기술 개발 동향 및 주요 특징⁸⁾

기업명	알킬리 인터랙티브 (Akili Interactive)	페어 테라퓨틱스 (Peer Therapeutics)	페어 테라퓨틱스 (Peer Therapeutics)	오마다 헬스 (Omada Health)	뉴냅스 (Nunaps)	메루 헬스 (Meru Health)
카테고리	디지털 치료제 (인지기능)	디지털 치료제 (약물중독)	디지털 치료제 (불면증)	디지털 치료제 (당뇨병)	디지털 치료제 (뇌 손상 후 시야장애)	디지털 치료제 (우울증)
주요 이미지						
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> - 인지과학에 기반한 디지털 게임을 기반으로 ADHD 환자 치료 - 운동감각 네비게이션 테스트를 수행하며, 부가적으로 주어지는 특정 타겟을 무시하거나 반응하는 선택적 주의 테스트(Go-No-Go Task) 수행 <멀티 테스킹> - 현재 임상결과를 토대로 FDA 승인 검토 진행 중으로 게임 매 스테이지마다 인지과학적인 보상치료 게임이 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - nSET® 디지털 치료제는 오피오이드를 제외한 대마초, 코카인, 알코올 등 약물 사용장애(Substance Use Disorder)에 대한 중독치료를 목적으로 개발 - 인지행동 치료법에 기반하여 약물을 사용하는 상황과 요인을 파악해, 이에 대한 중독조절 사고방식 변화 방법을 앱을 통해 훈련 - 구체적인 적용증 대상 임상 안전성과 유효성에 대해 FDA 승인(2017년 9월, nSET-O 2018년 12월)을 받은 2등급 소프트웨어 의료기기 최초 사례 	<ul style="list-style-type: none"> - Somyst는 불면증 인지 행동치료(Cognitive Behavioral Therapy of Insomnia, CBT-I) 기법을 스마트 폰이나 태블릿 버전으로 변형하여 9주 동안 시행하는 디지털 치료제 - 수면일지 작성, 불면증 원인 규명, 자극통제 및 수면 환경 조정에 대한 피드백으로 불면증 치료 - 22세 이상의 불면증 환자 대상 	<ul style="list-style-type: none"> - 당뇨병 예방, 관리 모바일 앱으로 식이, 운동, 활동량 등 라이프로그를 수집/활용하여 생활습관 개선 등 행동 교정 가이드 제공 - 최근 2~3개월의 평균 혈당 수치를 나타내고 혈당 관리와 당뇨병 진단에 중요한 인덱스인 당화혈색소 수치를 어플리케이션 프로그램으로 저하시키는 효과 - 미국질병통제예방센터(CDC)로부터 당뇨병예방프로그램(Diabetes Prevention Program)으로 공식 인증 후 당뇨병 예방 수가 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 전 세계적으로 적합한 치료법이 부재한 뇌 손상 후 시야 장애(시각 중추가 손상되어 눈과 시신경에 문제가 없음에도 시야가 매우 좁아지는 장애)를 치료하는 HMD용 독립형 소프트웨어 의료기기인 뉴냅 비전 임상 추진 - 식품의약품 안전처는 최근 뉴냅스의 디지털치료제인 뉴냅비전 임상을 국내 최초로 승인 - VR HMD 내 3D 자극을 통해 훈련을 진행하고 개인별 맞춤형 집중훈련 코스, 유지 훈련코스 및 관련 피드백 제공 	<ul style="list-style-type: none"> - 12주 맞춤형 콘텐츠 프로그램으로 우울증 치료 - 하버드 메디컬 스쿨과 협력하여 임상연구 진행 중, Series A 펀딩 완료 - 사용자의 귀에 착용하는 웨어러블 PPG 센서를 통해 심박변이율을 측정하여 훈련 프로그램에 대한 바이오피드백과 호흡 훈련 결과 제공

충분히 검증될 수 있도록 중앙정부·서울시 협력 모델의 바이오 메디컬 클러스터 생태계가 조성될 필요가 있다. 또한 디지털 치료제 처방과 복약에 대한 정책적 지원방안 수립과 만성질환자 등의 원격 모니터링과 진료를 수반하는 디지털 치료제에 대한 현실적인 가이드라인과 의료법 개정에 대한 본격적인 논의가 수반되어야 한다.

2.3 코로나19 확진자 접촉여부 추적 플랫폼

확진자와 접촉한 사람을 파악하기 위해 현재는 개인 통신기록, 카드 사용기록, CCTV 등을 일일이 확인하여 밀접 접촉자를 파악하고 있어 2·3·4차 감염자 추적에 어려움을 겪고 있다. 이에 최근 애플과 구글이 협력하여 제안한 옵트인 방식(동의한 사람만 사용)의 블루투스 비콘 기반 모바일 플랫폼이 주목받고 있다. 해당 플랫폼 기반의 앱이 개인정보 보호 등 관련 법령과 기준에 따라 적절하게 적용될 경우, 일부 ICT 대기업에서 준비하고 있는 사용자 통신기록 기반 감염병 관리 플랫폼보다 글로벌

수용도나 효용성 측면에서 큰 효과가 있을 것으로 예상된다. 여전히 개인정보에 대한 논란이 존재하고, 동의하지 않은 사람에 대한 추적은 어려워 경우에 따라 단일 사용(Stand-alone)으로는 효용성을 기대하기 어려울 수도 있지만, 공공앱으로 적용되어 방역관리시스템과 상호보완적으로 사용될 경우 큰 효용이 있을 것으로 기대되고 있다. 애플과 구글이 제안한 해당 기술은 <그림 5>에서 보는 바와 같이, 정보 제공에 동의하면 휴대폰의 최근 14일간의 비콘 발급 키 값이 클라우드에 전송되고, 확진자 발생 시 해당 지역의 확진자 비콘 키 값을 클라우드로부터 확인하여 확진자의 키 값이 저장되어 있는지를 확인하는 방식이다. 확진자와 접촉이 확인된 경우 방역당국이 해당 사실에 대한 알림과 대처방법을 신속하게 안내하는 기술 개념이다.

7) 내용 및 그림 출처: 한국의 원격의료에 대한 생각과, 그 생각에 대한 생각, 최윤섭의 헬스케어 이노베이션 May 20, 2020(http://www.yoonsupchoi.com/2020/05/20/thoughts_on_telemedicine/)

8) 내용 및 그림 출처: 각 디지털 치료제 개발 기업 홈페이지 및 관련 전문 기술 리포트

3. 결론 및 제언

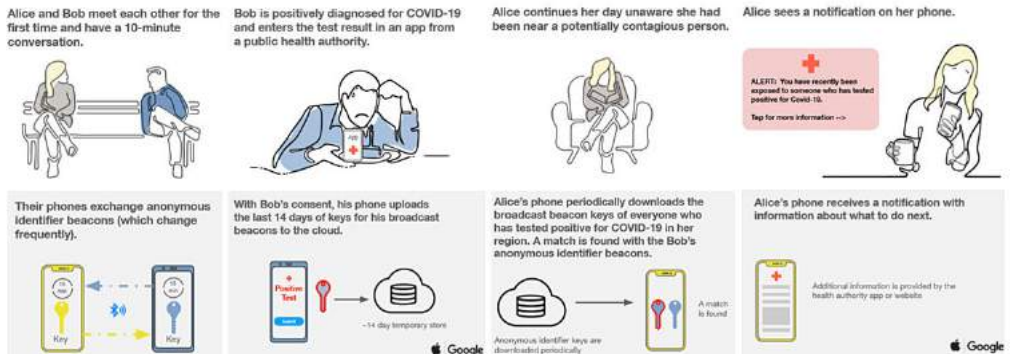
본고에서는 비대면 언택트 시대를 대비하기 위한 미래 유망 디지털 헬스케어 기술에 대해 고찰하고 적용 시 고려해야 할 사항에 대해 논의하고자 하였다. 현재는 많은 비대면 건강관리 및 의료 기술이 개발되고 그 무한한 가능성과 잠재리스크를 현장에서 증명해 나아가고 있는 중요한 과도기적 시기를 거치고 있다고 할 수 있다. 생활 속 거리두기가 장기화되고 2차 코로나19 팬데믹이 예상되고 있는 시기에 비대면 헬스케어 건강관리 및 의료 기술의 개발은 코로나19 뉴노멀의 비대면 가치표준 정립을 위한 필수적 요인이자 행위이다. 이를 촉진하기 위해 바이오·의료·건강관리·뇌과학 등 분야의 전문인력이 다학제간 융합연구를 수행하고 결과물에 대한 효용성을 테스트할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 이러한 기본적인 연구 기반 조성을 통해 비대면 언택트 시대에 초래될 수 있는 다양한 건강문제(코로나블루, 과도한 미디어 노출로 인한 불면증, 당뇨병, 이외 만성질환 건강관리 문제 등)를 점진적으로 대비해 나가야 한다. 비대면 언택트 시대에는 과거의 전통적 의료·건강관리 플랫폼보다는 AI, 클라우드 기술과 융합된 디지털 플랫폼이 주류가 될 수 있는 만큼, 현재 논란이

되고 있는 과거의 공식 및 규범에 대한 전면적인 재검토가 필요하다. 코로나19의 사회경제적 위기가 14개월 이상 지속된다고 가정하면, 현재의 시기를 어떻게 보내면서 디지털 헬스케어 분야를 키워 나가는지에 따라 위기가 지난 뒤에 도래할 본격적인 뉴노멀의 가치를 퍼스트 무버나 패스트 팔로워로서 주도하거나 슬로우 팔로워로서 도태되어 쫓아가거나의 여부가 결정될 것이다.

즉 사람의 건강과 생명을 다루는 디지털 헬스케어 산업 특성상 전문인력 육성과 선확보가 필수적이며, 장기적 관점에서 연구인프라를 구축하는 것이 반드시 선행되어야 한다. 코로나19가 우리에게 근본적인 변화를 요구하고 있기 때문에, 포스트 코로나19 시대의 비대면 주류 산업의 핵심으로 급부상하고 있는 디지털 헬스케어 분야의 다양한 전문 연구인력을 확보하고 퍼스트 무버로서 많은 시행착오와 노하우를 축적하여 스케일업 역량을 확보해야 한다. 이것이 포스트 코로나19 시대의 메인스트림인 비대면 헬스케어 언택트 시대를 준비하고 대비하는 최선의 대안이자 전략이라 할 수 있을 것이다. [SIT](#)

9) 내용 및 그림 출처: Privacy-safe contact tracing using Bluetooth Low Energy, [blog.google](#)

그림 5. 익명화된 블루투스 비콘 기반 확진자 접촉자 추적 기술 개념도(애플&구글)⁹⁾



글로벌 표준이 된 K-방역, 전 세계가 주목하다

서울기술연구원 경영기획팀

코로나19 사태로 인해 전 세계가 위기를 맞이한 요즘, 한국식 방역체계인 K-방역이 큰 관심을 받으면서 미국 정상을 비롯한 외신의 주목을 한 몸에 받고 있다. 바이오기업의 발 빠른 진단키트 개발, 방역당국의 꼼꼼한 역학조사, 의료진의 헌신이 한국의 방역체계에 크게 기여한 가운데, 이제 대한민국은 K-방역을 국제 표준화로 추진에도 속도를 내고 있다.

“한국 배우고 싶다”...

프랑스도 반한 한국의 방역체계

코로나19 팬데믹 대응 과정에서 K- 진단키트, 워크스루 선별진료소, 이동형 선별진단소 등이 세계적으로 극찬을 받으면서, 각 국의 정부기관에서도 k-방역에 대한 관심이 뜨거워지고 있다. 문재인 대통령은 지난 3월 13일 에마뉼엘 마크롱 프랑스 대통령과 통화를 하고 코로나19 극복을 위한 양국의 공조방안을 논의했다. 통화에서 양 정상은 최근 코로나19가 ‘팬데믹’으로 번진 데 대해 심각성을 드러내며 함께 공조하는 방안을 밝혔다. 특히 마크롱 대통령은 “한국 정부가 투명하고 효율적인 방식을 통해 코로나19를 극복하고 있는 데 대해 경의를 표한다”며 “프랑스도 한국이 성공적으로 취하고 있는 조치의 우수성과 그 방식을 배우고 경험을 공유하고 싶다”고 말했다. 문 대통령도 “우리 정부는 코로나19 방역과 치유과정에서 많은 경험과 임상 데이터를 축적하고 있으며, 이를 국제사회와 적극 공유할 의사가 있다”고 밝혔다. 양국은 이번 논의를 통해 백신과 치료제 개발을 위한 국제적인 공조, 세계경제를 회복 시키기 위한 공동의 노력을 하자며 궤를 같이했다.

‘한국을 본받자’...

미국 청문회장에서도 주목한 K-방역

미국 의회와 외신도 한국의 코로나19 검사 및 방역을 높이 사면서도 미국의 코로나19 검사 시스템에 부족한 점이 많으며 따끔한 충고를 보냈다. 미 하원 정부감독개혁위원회가 코로나19 사태와 관련해 지난 3월 11일 개최한 청문회에서 민주당 소속의 캐럴린 멀로니 위원장은 한국의 광범위한 빠른 검사 속도, 드라이브 스루 등 효율적인 검사체계를 언급하며 “한국은 하루에 1만 5천 명을 검사할 수 있다”며 “나는 정말 한국에 가서 이동식 검사소에서 검사받고 싶다”고 질병통제예방센터(CDC)를 향해 쓴소리를 하기도 했다.

아울러 짐 쿠퍼 민주당 의원은 “그런 검사 장비를 한국에서 도입할 수 있는지”도 따져 물었다. 또한 라자 크리슈나무시 의원은 코로나19 검사가 “한국은 인구 100만명당 4천명, 미국은 15명”이라며 “한국은 미국보다 300배나 공격적이다. 미국은 언제쯤 거기에 도달할 수 있나?”고 한국의 방역 체계를 미국과 비교하며 적극 꼬집기도 했다.



美 언론, 올바른 시민의식이 성공적인 '방역'을 이끌다

미 언론에서도 K-방역에 집중 조명하면서 한국의 코로나19 대응 방식에 찬사를 보냈다. 워싱턴 포스트의 칼럼니스트 조시 로킨은 11일 '한국의 민주주의가 코로나바이러스에 이길 수 있다는 것을 보여준다'는 글을 게재하면서 K-방역을 성공적으로 이끌 수 있는 이유는 한국 국민들의 올바른 시민 의식이 뒷받침 됐다고 설명했다. 글에 따르면 로킨은 "민주주의가 공공의 보건을 유지하는 데 훨씬 적합하다"며 "바로 한국이 그것을 보여주고 있다"고 극찬했다. 로킨은 또 "한국은 중국과 달리 수백만 인구를 억지로 집에 가두고 약자들을 노예 취급하며 정부의 조치를 비판하는 사람을 없애버리는 방법을 선택하지 않았다"며 "시민사회가 자발적으로 동참했고 정부는 확진자가 다수 발생한 도시인 대구를 감옥으로 만드는 대신 시민들을 대구에 가지 않도록 설득했다"고 말했다.

英, '한국은 코로나19 방역 롤모델'

영국 BBC 방송도 한국의 코로나19 방역이 다른 나라의 '롤모델'이라고 평가했다. BBC 방송은 지난 3월 12일 한국의 코로나19 이동검사소(드라이브 스루) 및 검사키트 제조 현장을 전하는 기사를

통해 "다른 나라들이 코로나바이러스 확산과 싸우는 상황에서 많은 사람을 검사하는 능력은 한국을 롤모델로 만들고 있다"고 평가했다. 그러면서 "한국에서는 매일 거의 2만 명이 검사를 받고 있어 세계 어떤 나라보다도 전체 인구 당 가장 높은 검사율을 보인다"며 "코로나바이러스 사망률도 0.7%로, 세계보건기구가 보고한 세계 평균 사망률의 3.4%보다 훨씬 낮다"고 전했다. 아울러 로이터 통신은 "한국과 이탈리아는 지난 1월말 비슷한 시기에 코로나19 집단 발병 사례가 나왔지만 양국은 극명한 사망자 수 차이를 보이고 있다"고 보도했다. 이는 이탈리아의 전국 봉쇄 작전보다 한국의 공격적이고 지속적인 검사 방법이 코로나19 대응에 효과적이었다는 분석을 담고 있다. <로이터>는 유행병학자들은 두 국가의 통계치를 단순 비교하기는 어렵지만 일각에서는 극명히 다른 결과가 "한국의 공격적이고 지속적인 검사가 바이러스와 싸움에 강력한 도구"라는 전문가들의 말을 인용해 전했다. 세계적으로 인정 받게 된 K-방역이 이번 경험을 계기로 세계 바이오 시장으로 진출할 수 있을지 많은 기대를 받고 있으며, 투자를 약속한 빌 게이츠 등을 비롯하여 향후 해외 투자자들의 관심을 이끄는 촉매제가 될 것으로 예상된다. [ST](#)



문재인 대통령과 에마누엘 마크롱 프랑스 대통령(출처: news1)



워싱턴포스트 홈페이지 캡처(출처: 노컷뉴스)



IoT 화재센서와 인공지능을 이용한 능동형 화재대피로 안내 기술

한형석 / 한국기계연구원 책임연구원

대형화재 사고는 매년 끊이지 않고 우리 곁으로 찾아온다. 특히 대형복합 건물의 증가는 이러한 화재 사고를 일으키는 주요 원인 중의 하나로 손꼽힌다. 화재사고는 골든타임 안에 대피하는지의 여부에 따라 그 피해 규모가 달라진다.



1. 서론

지난 2020년 4월 29일에 발생한 이천 물류창고 화재사고는 안타깝게도 40명에 가까운 사망자 피해를 입혔다. 2003년 대구지하철 방화 사건은 무려 192명 사망, 151명이 부상을 당하는 참극이었다. 이러한 대형 화재사고는 끊이지 않고 매년 일어나고 있다. <표 1>의 소방청 통계에 따르면 2018년 기준 화재발생 건수는 42천 건에 달하며, 사망자 369명, 부상자 2,225명, 그리고 5,597억 원에 달하는 재산피해를 낳았다. 대형복합 건물의 증가로 대형화재 사고가 일어날 가능성도 더 높아지고 있다. 예를 들어, 서울에서 건설 중인 지하 복합 환승터미널도 대형 화재 사고에 대비가 필요한 경우이다.

화재사고 피해는 골든타임 내에 대피하는지에 달려있다. 화재의 성장 패턴은 제1성장기, 제2성장기를 거쳐 플래시오버에 도달하는데, 플래시오버는 폭발과 같은 현상이기 때문에 이 시기에 도달하면 큰 피해를

표 1. 화재발생 건수

발생 (건)	인명피해(명)			재산피해 (억원)
	합계	사망	부상	
42,338	2,594	369	2,225	5,597

출처: 2018 소방청통계연보

그림 1. 지하 복합 환승 터미널



출처: news1

입게 된다. 그러므로 플래시오버에 도달하기 전인 골든 타임 이내에 대피시켜야만 한다. 그동안 큰 사상자를 낸 화재사고들의 공통점 중의 하나는 바로 인적, 물적 원인으로 골든타임 이내에 대피를 할 수 없는 상황이었다고 할 수 있다. 그러므로 화재에 의한 사상자를 줄이기 위해서는 빠른 화재 탐지와 가장 안전한 대피로로 사람들을 안내하는 것이 중요하다. 본고에서는 이러한 실시간 화재 감지와 가장 안전한 대피로를 능동적으로 안내하기 위해서 인공지능과 IoT센서를 활용하는 신기술을 소개한다.

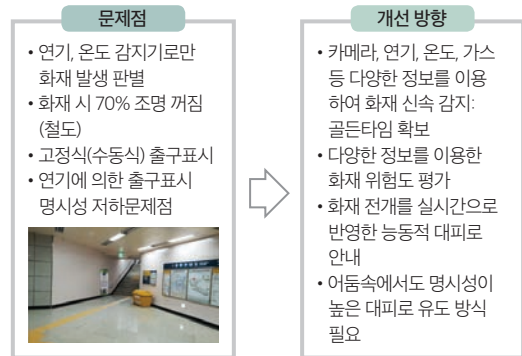
2. 기존 방법의 한계 및 개선방향

일반적으로 기존 화재대피로 안내 장치는 단순히 빛을 발하는 비상구 표시기이다. 이러한 방식은 몇 가지의 한계점들을 갖고 있다. 하나는 수동형, 즉, 고정식으로 화재의 전개를 반영하지 못한다는 것이다. 대피로 상의 화재 위험을 고려하지 않고 단지 출구 위치만을 항상 표시한다는 것이다. 또 다른 한계점은 가시성이다. 출구 표시기의 밝기, 위치 및 크기가 고정돼 있어 연기가 칠 경우 인식률이 떨어질 수 있다. 거기가다 출구표시 상징이 출구방향의 지시에 혼동을 줄 수 있다. 시험 결과 약 70% 참가자들이 비상구 표시를 보고 직진이 아닌 왼쪽으로 방향을 선택했다는 보고가 있다.

지하철의 경우는, 화재가 발생하면 2차 전기화재를 방지하기 위해서 조명의 밝기를 낮춘다. 따라서 비상구 표시 인식률이 더 낮아질 수 있다. 본고에서는 지하철역에 중점을 두고 앞서 언급한 현재 비상구 표시 방식의 한계와 발전방향을 <그림 2>와 같이 정리했다. 현재 방식은 연기와 화재에 의한 농도가 기준치를 초과했는지만을 감지한다. 그 결과 화재 발생 초기를 감지 못할 수 있다. 그리고 비상구 표시 방향이 일정해 비상구의 안전 여부를 고려하지 않는다. 마지막으로 밝기가 고정돼 있어 연기에 의하여 인식률이 떨어질 수 있다.

이러한 단점을 극복하기 위해서는 다양한 감지기를

그림 2. 기존 화재 대피로 시스템의 문제점과 개선 방향



도입하여 실시간 화재 감지로 개선할 필요가 있다. 감지된 화재 정보를 이용하여 실시간으로 가장 안전하고 가까운 대피로로 출구 방향을 표시할 필요도 있다. 더 나아가 연기가 차더라도 인식률을 높일 수 있는 밝은 출구방향 표시가 필요하다. 요약하면 스마트하면서도 출구방향 표시가 선명하도록 개선해야 한다는 것이다.

3. IoT와 인공지능을 활용한 화재대피로 안내 기술

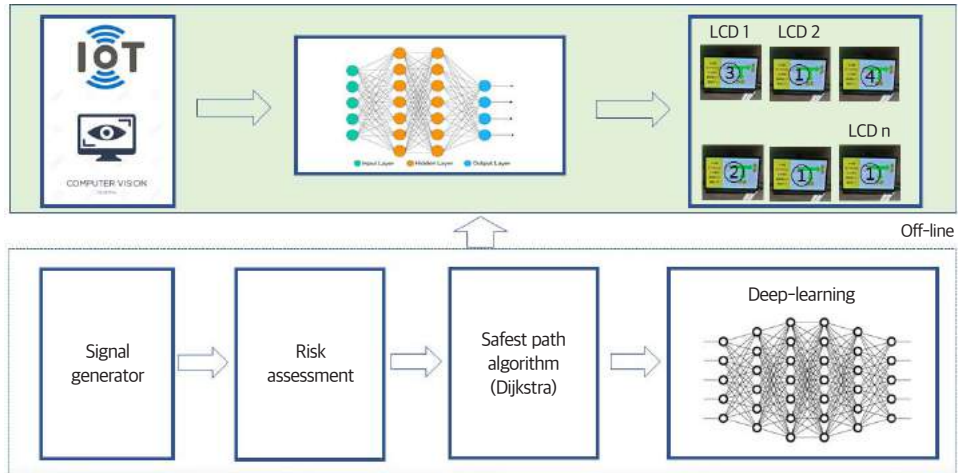
<그림 2>에서 언급한 발전방향을 실현하기 위해서 IoT기술과 AI기술의 접목이 이루어지고 있다. IoT센서를 도입하면 화재 상태를 온도, 연기 농도, 일산화탄소 및 영상을 연속적으로 측정할 수 있는 장점을 갖는다. 일단, 화재 상태가 감지되면 실시간으로 화재 상태를 반영한 대피로를 AI가 선택할 수 있다. 그런 후에 레이저 표시기나 LCD를 이용하여 가시성이 높은 방식으로 안전한 출구 방향을 표시할 수 있는 것이다.

<그림 3>은 한국기계연구원, 대전광역시도시철도공사 및 ㈜텔코코리아아이에스가 개발한 시스템의 구성성도를 보여주고 있다. IoT 화재센서 모듈, 카메라가 화재 상태를 감지한다. 센서 데이터는 관제시스템에 입력되고 관제시스템은 인공지능 모델을 이용하여 최적의 대피로를 선정하게 된다. 그 결과를 LCD와 레이저 표시기가 수신 받아 대피로를 동적으로 안내하게 되는

그림 3. 시스템 구성도



그림 4. 인공지능 기반 화재 대피로 안내 개념도



것이다. 인공지능 모델을 구성함에 있어서 소방전문가의 경험과 지식을 반영하였다. 소방 경력이 20~30년이 되는 소방관들로부터 현장 요구사항 수집, 화재위험인자 선별, 위험인자별 중요도 순위 결정, 위험 기준 설정 등의 정량화를 지원받았다.

인공지능을 이용한 대피로 선정 알고리즘은 <그림 4>와 같다. 화재의 경우 기존 데이터가 없기 때문에 시뮬레이션에 의하여 딥러닝 학습 데이터를 확보하였다. 인공지능 모델을 이용하면 최적 경로를 찾는 데 있어서,

이미 학습된 인공신경망을 이용하기 때문에 빠른 시간 내에 대피로를 선정할 수 있고 건물의 복잡성과 규모가 커지더라도 본 알고리즘 변경 없이 입출력부 수정만으로 적용할 수도 있다. 인공지능 모델은 오프라인으로 우선 생성된다. 일단, 인공지능 모델이 생성되면 인공지능 모델은 관제시스템에서 내장돼 작동하게 된다.

새로운 시스템의 사용법을 사전에 홍보하고 효과를 예측하기 위해서 화재대피 시뮬레이션도 수행했다. <그림 5>에서와 같이 승객을 에이전트 모델화하여 다른

그림 5. 수동식 화재 대피 시뮬레이션

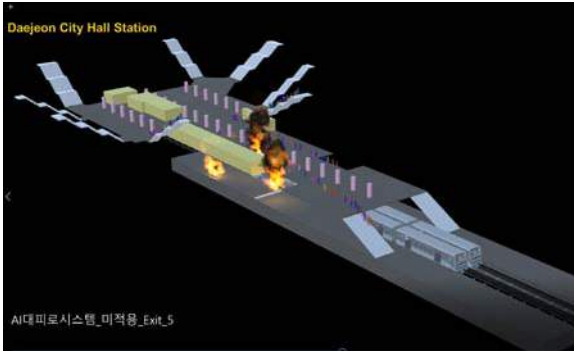


그림 6. 능동식 화재 대피 시뮬레이션

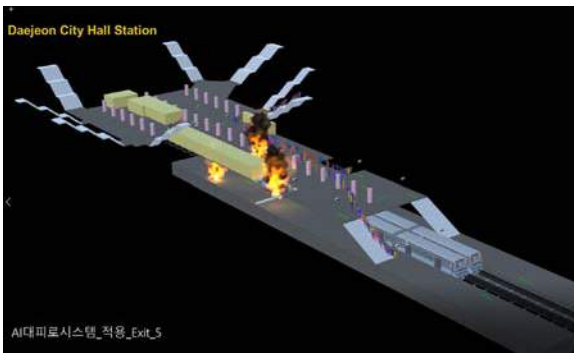


그림 7. 대피로 안내(지하 1층)

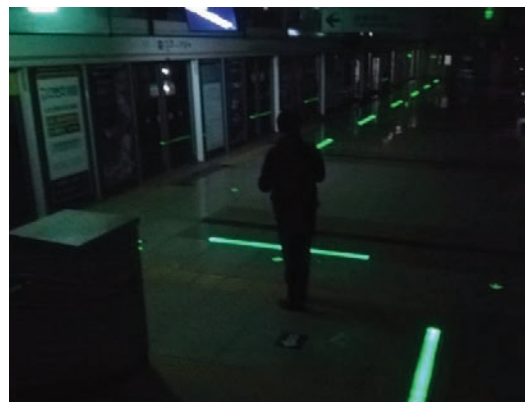


승객들과 상호작용하면서 대피하는 상황을 시뮬레이션 했다. <그림 5>는 기존 방식에서의 대피 경우로, 대피로 전방에 화재가 발생했더라도 고정된 대피로 표시로 인하여 승객이 화재가 있는 곳으로 향하는 것을 볼 수 있다. 반면에 <그림 6>은 인공지능의 도움으로 화재가 없는 대피로만으로 대피하는 것을 확인할 수 있다.

4. 시범 구축 및 활용방안

3장에서 소개한 기술을 대전지하철 시청역에 적용하여 현재 운영 중에 있다. <그림 7>과 <그림 8>은 화재가 발생하지 않은 방향을 표시하는 것을 볼 수 있다. 가시성을 높이기 위해서 천정에 설치된 레이저에 의하여 바닥에 표시된 녹색선은 순차적으로 On/Off 되면서 출구 방향으로 승객을 유도하게 된다. 화재 발생 위치, 화재 진전 상태에 따라서 대피로 방향은 동적으로 바뀌게 된다. 결과적으로 가장 안전하고 가까운 출구로 승객들을 대피시킬 수 있는 것이다. 시험 결과 녹색 레이저 표시가 선명해서 대피로 방향 인식이 용이함을 확인할 수 있었다. 이러한 시스템은 지하철역, 대형복합 건물 등에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. [SIT](#)

그림 8. 대피로 안내(지하 2층)





시설물 유지관리, 현상 중심의 사후보수에서 데이터 기반 성능평가로

강영중 / 고려대학교 건축사회환경시스템 공학과 교수
이기세 / 서울기술연구원 도시인프라연구실 연구위원

시설물의 수명은 유지관리에 따라 달라질 수 있으므로
구조물의 나이는 더이상 큰 의미를 지니지 않게
될 것이다. 따라서 앞으로는 구조물의 취약정도를
분석하고 잔존 수명에 초점을 두고 성능관리에
더 많은 관심을 두어야 할 것이다.

노후 구조물보다는 취약 구조물 중심으로

한국전쟁 이후 우리나라의 시설물은 80~90년대에 폭발적으로 계획·설계되었으며 약 50년의 기대 수명을 가지고 건설되었다. 2020년 현재 이 구조물들은 건설 이후 약 30~40년 정도의 나이를 가지는데, 기대 수명의 60% 이상을 사용하였기 때문에 통상 노후화 구조물로 간주된다. 서울시의 경우 10년 후에는 사회기반시설의 70% 이상이 노후화될 것으로 전망된다. 그러므로, 향후에는 유지관리 시장이 확대될 것이다.

이러한 선택은 제법 설득력 있어 보이지만, 한 가지 의문을 남긴다. 그것은 구조물의 가정된 기대수명이다. 설계 시 기대했던 구조물의 수명 50년이 지나면, 구조체로서의 기능이 정말 0(영)이 되는 것일까. 실상은 그렇지 않을 것이다. 기대수명보다 한참 못 미쳐 개축되어야 할 구조물이 있을 수도 있고, 그보다 훨씬 더 오래간 사용할 수 있는 구조물도 많을 것이다. 결론적으로 시설물의 수명은 유지관리에 정답을 묻게 된다. 노후화의 기준 또한 관리에 따라 30년이 아닌 40년, 50년이 될지도 모른다. 관리가 시설물의 수명을 좌우하게 되는 것이다.

결국 구조물의 나이는 더 이상 큰 의미를 지니지 않게 될 것이다. 이에 반해 구조물의 잔존수명은 더 중요한 쟁점으로 떠오르게 될 것이다. 잔존수명은 달리 말해 구조물의 성능이라 할 수 있다. 향후의 유지관리는 노후화된 구조물보다는 성능평가를 통해 취약하다 판단된 구조물에 더 집중하게 될 것이다.

성능을 중심으로 한 첨단 유지관리

현재의 유지관리 체계는 상당 부분 육안검사에 의존하고 있다. 균열, 박리, 도장불량 등 사람이 직접 보고, 각각의 사항을 기록하여 최종적으로 시설물 관리 시스템(FMS)에 업로드한다. 그리고 이상이 발견될 경우 추적관찰 및 집중 관리를 실시하고, 필요한 경우 보수·보강 작업을 수행한다.

이러한 일련의 작업은 작게는 6개월 크게는 5년 주기로 실시되고 있으며, 각 점검 실시 이후 안전등급을

그림 1. 육안검사에 의존하는 기존 관리체계



그림 2. BIM 기반 상시 유지관리 시스템 예시(서울기술연구원, 2019)

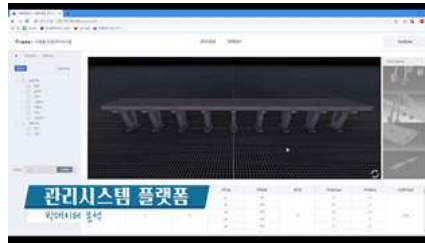


그림 3. 유지관리 고도화 방안



결정하지만, 사실상 문제가 발생한 이후에 대처한다는 점에서 구조물의 성능관리와는 다소 거리가 있다. 더욱이 점검 주기 사이에 발생하는 문제에 대한 즉시 대처가 어려워 예산이나 인력문제로 진단 작업이 늦어지는 경우 큰 사고를 유발할 가능성이 있다.

구조물의 성능관리는 정확한 평가에서 출발해야 한다. 육안상 문제가 발견되지 않은 구조물이라 할지라도 내부에 발생한 내력 상태를 정확히 파악하는 것은 물론, 그러한 작업을 가능한 상시 수행할 수 있어야 한다.

다행히도 현재에는 구조물 성능평가에 활용될 수

있는 다양한 기술이 있다. 이들은 기존에 사람이 직접 시행했던 점검·평가를 보다 안전하고 빠르게 수행할 수 있을 뿐 아니라, 접근이 어려운 부분까지 손쉽게 탐색하여 객관적 결과를 제공한다. 예컨대, 드론이나 와이어캠 등의 장비는 교량의 측하면까지 빠른 시간 내에 촬영이 가능하며, 얻어진 이미지는 분석을 통해 자동으로 이상 여부를 판단하게 된다. 또한 시설물에 부착된 다양한 센서들로부터 얻은 측정 데이터들은 중앙 관제 센터로 무선 전송되며, 구조해석, 빅데이터 분석에 이용될 수 있다.

데이터 분석으로 인한 정량적 성능평가는 각 부재의 내력 계산이나 향후 거동 예측을 의미하며, 이는 안전등급 산정 방식의 관리 체계보다 더 진보된 개념의 객관적 지표를 도출해 낸다. 이는 진정한 의미의 선제적 유지관리라 할 수 있다. 그뿐만 아니라, 계측센서들로 인하여 사람이 현장에 나가지 않아도 상시 구조물의 상태를 파악할 수 있으므로 점검 주기 공백을 최소화할 수 있게 된다.

기반시설에 대한 인식 전환 필요

기술은 경제적 이득을 추구할 수 있어야 한다. 그리고 다양한 기술의 융합으로 얻은 선제적 관리 효과는 장기적으로 분명한 경제적 이득을 창출한다. 그러나 시설물의 수명 증가나, 예산 절감 효과보다 더 중요한 점은 시설물 가치에 대한 성숙한 인식이라 할 수 있다.

기반시설물은 막대한 자본과 노력이 투자된 국가의 주요 재산임에도 불구하고, 초기 투자비용 이상의 가치를 인정하는 경우는 그리 많지 않다. 현재 우리가 사용하는 시설물의 가치는 단순한 건설비용 이상일 것이 분명하다. 당산철교의 개축으로 2호선이 해당 구간 운영이 중단되어

입게 된 간접적 피해는 한강 횡단 교량 하나의 가치가 얼마나 큰지 알려주는 좋은 예라 할 수 있다. 따라서 기반시설물은 구조물 하나의 관점에서 보기보다는 환경적 요인을 고려하여 우리의 주요 자산임을 파악하는 것이 바람직할 것이다.

또한, 사람이 편할 수 있어야 할 것이다. 향후 개발되고 적용될 성능평가 작업은 하나의 통합된 체계로 묶일 수 있어야 할 것이다. 이를 위해 앞으로는 건설정보 모델(Building Information Modeling, BIM)의 적용이 확대될 것이며, 많은 전문가들은 이로 인해 시간과 인력, 예산을 절약할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

세계적으로 지능화 도시에 대한 필요성이 짙어지고 있다. 이러한 사회적 요구에 힘입어 교통, 통신, 서비스 등은 4차 산업혁명이라 일컬어지는 다양한 기술에 힘입어 하루가 다르게 발전하고 있다. 그러나 발전된 도시의 이미지는 결국 복잡한 도로, 높은 빌딩, 아름다운 교량 등으로 대변된다. 우리는 우리가 살고 있는 이 도시와 국가가 기반시설로 이루어져 있음을 자각하고, 이를 보다 면밀히 관리하여야 함을 잊지 않아야 할 것이다. [sft](#)





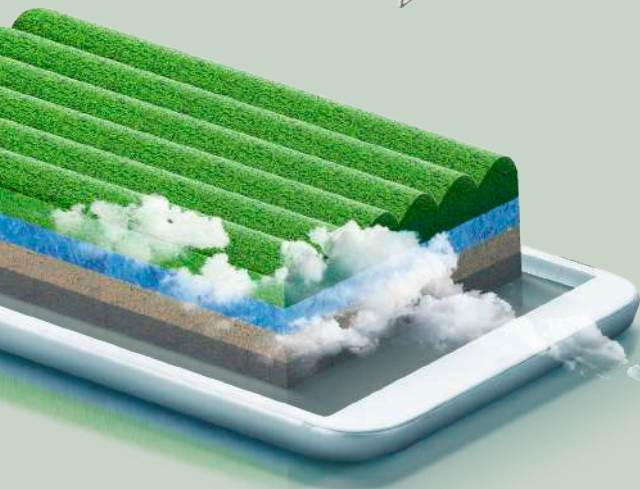
조경 식물 분야의 신기술 동향

이수창 / 국립생태원 식물관리연구실 야외식물부 차장

조경 식물 분야는 다양한 기술과 장비들을 도입하며 점차 영역을 확대해 나가고 있다.

어쩌면 살아있는 생물을 다루는 일은 섬세함과 숙련된 기술을 요구하는 일일지도 모른다.

실제로 수많은 전문가들은 효율적으로 일할 수 있는 조경 식물 분야를 만들기 위해 신기술을 받아들이며 현재까지도 고군분투하고 있다.



1. 들어가기

국립생태원은 한반도를 중심으로 지구 생태에 대한 연구 및 대국민 전시와 교육으로 생태 가치를 확산하고자 하는 생태전문기관이다. 그중 열대, 사막, 지중해, 온대와 같이 기후대별 식생을 구분하여 전시하고 있는 ‘에코리움’과 야외 식재지는 조성과 관리 방식에 있어서 다른 식물원·수목원의 성격과 유사하다고 할 수 있다. 그리고 식물원·수목원을 조성하고 운영·관리하는 업무는 일반적인 조경에서 식물을 다루는 모든 방식(생산, 설계, 시공, 관리 등)을 포괄한다고 할 수 있다. 이 글을 통해 다양하게 시도되고 있는 조경 식물 분야 신기술에 대하여 필자의 경험을 바탕으로 알지만 넓게 훑어 현재의 수준을 가능하고, 향후 발전 방향에 대해 살펴보고자 한다.

2. 식물 조사

식물 조사는 크게 자생지 환경 분석과 식물 동정(Identification)으로 나눌 수 있다.

전통적인 환경 분석은 세분화된 야장 작성을 통해 이루어졌으나, 2015년 이후부터는 무인기(드론) 항공 조사 방식이 적극 활용되고 있다. 비행기 모양의 고정익 드론은 보다 광범위한 구역에 대한 정보를 빠르게 획득할 수 있고, 프로펠러가 달린 회전익 드론은 공중에 안정적으로 정지(Hovering)할 수 있어 세밀한 컨트롤이 가능하다는 장점이 있다. 드론을 활용하여 기존 방식으로는 조사가 어려웠던 대규모 부지와 접근이 어려웠던 습지, 해안절벽

그림 1. 국립생태원 항공사진



공간 등의 식물 조사가 가능해졌으며, 시간 또한 크게 단축할 수 있게 되었다. 또한 멀티스펙트럴(Multi-spectral) 카메라를 이용해 식생 분포와 활성도를 파악할 수 있는 정규식생지수(NDVI)와 라이다(LIDAR) 센서를 이용한 수치표면모델(DSM)도 손쉽게 획득할 수 있게 되었다. 국립생태원의 경우 드론을 활용하여 전시공간에 대한 주기적인 정사영상(Orthophoto)과 포토그래메트리(Photogrammetry)를 제작하여 식생의 변화상을 기록하고 있으며, 소나무재선충병 등 육안으로 확인하기 어려운 피해목 예찰에도 활용하고 있다.

지상에서 레이저를 이용하여 상대적 거리를 스캔하는 라이다(LIDAR)를 이용하면 국지적 환경의 정밀한 자료 취득이 가능하다. 클라우드 포인트 방식의 결과물을 이용해 식물 군락의 지면을 추출할 수 있고, 지면으로부터 개별 식물의 흉고직경(DBH)을 자동 산출하는 알고리즘 개발도 진행 중이다.

식물 동정에 관해서는 기존 식물도감, 식물분류 및 검색표를 이용하던 방식에서 꽃의 형상을 분석하는 빅데이터를 활용하는 방식이 활용되고 있다. 다음 포털의 '꽃검색'과 'PlantSnap' 애플리케이션이 대표적인 예로 휴대폰을 이용하여 누구나 쉽게 접근할 수 있다. 상당히 유사한 종류의 식물 목록을 도출해 내지만, 정확도가 매우 높은 것은 아니다. 꽃뿐만 아니라 줄기, 잎, 열매 등 여러 형태적 인자와 촬영 시기, GPS 정보 등에 따른 복합적인

빅데이터를 활용한다면, 향후 보다 정확한 동정이 가능해질 것으로 생각한다.

최근 국립산림과학원은 실험실이 아닌 숲속 현장에서 고가의 장비 없이 나무의 DNA 또는 RNA를 쉽고 빠르게 추출할 수 있는 신개념 키트를 세계 최초로 개발했다고 밝혔다. 현장에서 누구나 쉽게 5~8분 만에 유전 정보를 추출할 수 있고, 이는 나무의 품종개량이나 수목 병충해 진단 등 다양한 분야에 확대 적용이 가능할 것이다.

3. 식재 설계

아직도 조경기사 실기시험은 수기 제도로 치러지고 있지만, 현장에서는 2~30년 전부터 컴퓨터를 이용한 설계(CAD)로 전환되었고, 이제는 2D에서 더 나아가 3D 설계로, 그리고 단순한 3D를 넘어 BIM(Building Information Modeling)과 유사한 LIM(Landscape Information Modeling) 개념으로 진화하고 있다. 평면적인 설계 방식은 설계가뿐만 아니라 클라이언트를 이해시키기에도 어려웠으나, 3D를 이용하여 보다 직관적, 설득적인 설계를 진행할 수 있게 되었다. LIM은 BIM에 비해 아직까지는 실무에서의 적용 및 활용도가 떨어지기는 하지만, 비정형 자유곡면 형태의 지형과 식물 생육 환경, 이용자 고려를 위한 광량, 바람, 배수, 시간 등의 다양한 미세 환경 인자들을 시뮬레이션 할 수 있게 발전하고 있다.

또한 실제와 분간이 어려운 포토리얼리스트

그림 2. 포토그래메트리(Photogrammetry)

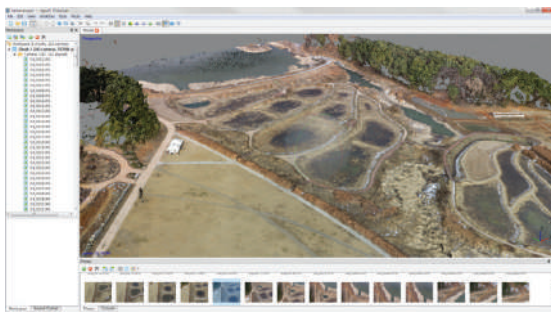


그림 3. LIDAR를 활용한 직경 측정

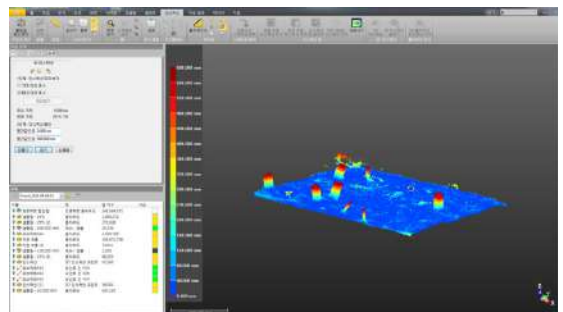


그림 6. 수목 굴취기(Blade 방식)



그림 7. 수목 굴취기(Scoop 방식)



그림 8. 조경수 컨테이너 재배 농장



그림 9. Air-pot 다공성 화분의 발근 촉진



컨테이너 재배는 노지 재배보다 초기 시설(양액 점적 관수, 지주 등) 투자비, 유지관리비가 많다는 단점이 있지만, 고유 수형을 유지한 채 하자율이 낮은, 품질 좋은 식물 생산을 할 수 있다는 점에서 향후 시장에서의 활용성, 효용성이 더 높을 것이라고 생각한다.

수목을 스트레스 없이 이식하는 새로운 방법으로 뿌리를 노출하여 이식하는 나근이식법이 외국에서 소개되고 있다. 고압의 공기를 분사하는 방식의 장비(Air-spade)를 이용하여 뿌리를 잘라내지 않고 온전히 보호하면서 뿌리분의 중량을 줄여 이식하는 방법이다. 나근이식은 묘목과 같이 작은 개체들에 한해서 적용해 왔고, 성목의 경우 뿌리를 토양과 분리하는 것이 불가능했다. 뿌리가 공기 중에 노출되면 말라서 죽는다는 통념이 있기 때문이다. 이 기술은 앞으로 여러 가지 실험이 필요한 상황이지만, 노지에 심어진 식물을 안전하게 옮길 수 있다는 점에서 주목할 만하다. 또한 Air-spade는 토양 통기성을 높여 수목 생육을 개선할 수도 있고, 뿌리를 절단하지 않은 상태로 흙을 파내어 배관, 전기 공사를 할 수 있는 등 관리적 측면에서도 다양한 활용이 가능하다.

스마트팜 기술도 나날이 발전하고 있다. 필자가 참여한 서울혁신파크의 바이오랩 Personal Food Computer 세미나에서는 인공조명을 이용한 양액재배 환경을 조성하고, OpenCV(Open Source Computer Vision)를 통한 생장량 분석 실습이 이루어졌다. 다양한 센서와 액추에이터를 통해 여러 종류의 식물을 맞춤형 재배할 수 있게 될 날이 머지않았다.

5. 식물 시공·관리

식물 시공·관리 분야는 아직까지도 많은 부분 인력에 의존하고 있으며 고된 현장 업무와 고령화로 숙련된 기술자의 수가 감소하고 안전사고의 위험성이 높아지고 있다. 앞으로 더욱 발전하게 될 ‘입는 로봇’이 상용화된다면 종량물을 보다 안전하고 손쉽게 옮길 수 있게 되고, 중장비가 할 수 없는 세밀한 작업에도 탄력이 붙을 것이다.

그림 10. Airspade를 활용한 토양 통기성 개선



시공 현장에서 가장 많이 쓰이는 장비는 굴삭기다. 하지만 중장비 답압에 의한 토양 공극 감소와 배수 불량 문제는 식물 하자의 원인이 되기도 한다. 상대적으로 경량인 허리굴절형 다목적로더(Avant loader, Multi-one loader)와 같은 장비들은 작업기를 교체함으로써 수십 가지의 다양한 기능을 수행할 수 있다. 토양 경운, 식재혈 조성, 식물 운반과 식재, 지주대 설치와 같은 식재 공정의 전 과정과 전정, 잔디 깎기, 예초 등과 같은 식물 관리 분야에 다양하게 활용할 수 있다. 이를 대규모 단순 작업에 투입한다면, 품질을 높이고 안전성을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 생력화(Laborsaving)를 통해 효율을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

VR을 활용한 시공·관리 기술도 발전하고 있다. VR헤드셋을 착용하면 설계도가 현장 상황에 딱 맞게 배치되어 정확한 식재 위치와 경계를 특정할 수 있게 된다. 전정 작업과 같은 식물 관리 분야에서도 VR을 활용하여 형태를 정밀하게 유도할 수 있는 시스템(Husqvarna Ramus 등)이 개발되고 있다.

드론은 식물 조사뿐만 아니라 직접적인 관리 업무에도 활용이 된다. 국립생태원에서는 항공 염면시비, 항공 방제를 위한 약제 살포에 드론을 활용하고 있다. 국립생태원 야외 식재지와 식물 관리를 위해 드론을 활용하여 정사영상을 제작, D-GPG를 이용한 식물 전수조사 결과를 오픈소스GIS프로그램인 QGIS에 입력하여 DB관리에 활용하고 있다. 식재지와 식물 개체별

그림 11. Airspade를 활용한 수목 나근 이식법



관리번호를 부여하는 등 식물 이력관리 체계를 고도화하기 위한 방안을 마련 중에 있다.

식재지 환경 측정을 위한 소형 기후 측정 IoT 장비들도 개발되고 있다. WeatherFlow 사에서 개발한 ‘Tempest’는 현재 위치의 기상정보를 관측하고 앞으로의 날씨도 예측할 수 있다. 국립수목원에서 개발한 산림환경 측정장비 ‘도토리’는 미세먼지, 온도, 습도, 이산화탄소 등의 미기후 정보를 관측하고 무선 전송할 수 있다. 앞으로 식재지 전반에 이러한 IoT 센서들을 설치하여 원격으로 상태를 점검하게 되면 보다 식물을 건강하게 관리할 수 있는 기반이 마련될 것이다.

6. 식물 전시

포스트 코로나 시대, 국립생태원은 미션인 ‘생태문화 확산’을 지속하기 위하여 물리적인 전시 공간에서 더 나아가 온라인을 통한 비대면(Untact) 생태 콘텐츠 제공을 확대하고 있다. 유튜브는 2019년 기준, 한국인이 가장 많이(3,370만 명), 가장 오래(489억 분) 사용하는 채널이 되었다. 다양한 SNS 뉴미디어의 발달로 보다 쉽고 효율적으로 생태 콘텐츠를 제공할 수 있는 환경은 이미 갖추어진 것이다.

고품질의 생태 영상을 제공하기 위해 다양한 방법을 시도하고 있다. 우선 온라인을 통해 물리적 공간을 간접적으로 체험할 수 있도록 주요 동선의 ‘로드뷰’가 제작 중에 있고 곧 공개될 예정이다. 360도로 촬영된 도보

그림 12. 허리굴절형 다목적로더 경운 작업



그림 13. 입는 로봇의 중량물 운반

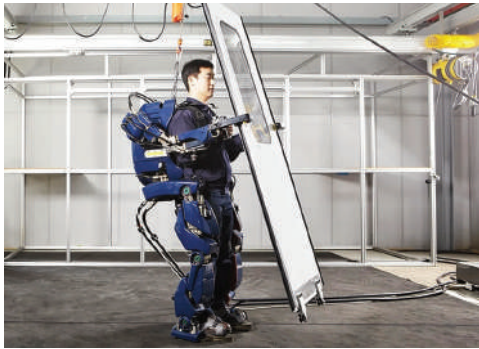


그림 14. QGIS와 D-GPS를 활용한 식물 맵핑

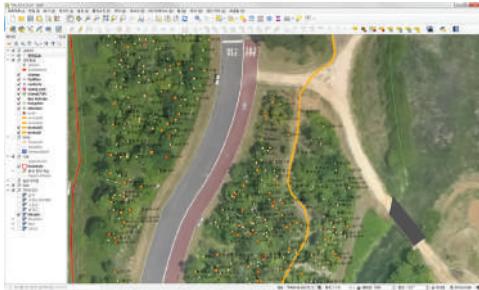
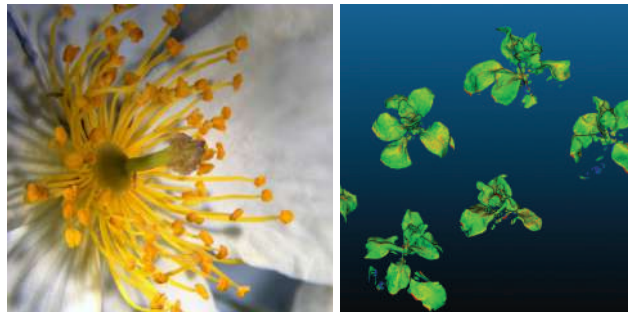


그림 15. 산림환경측정장비 '도토리'



그림 16. Focus Stacking 기법(찌레꽃)과 근적외선 3D스캔(양배추)



영상을 보고 마치 직접 방문한 듯한 느낌을 전달하고자 하였다. 식물 전시 공간에 대한 해설 영상도 자체 제작 중에 있다. 이제는 직원 모두가 유튜버가 될 필요성이 있는 시대인 것이다. 식물을 사진뿐만 아니라 동영상으로도 촬영하고, 타임랩스 기능을 이용하여 생장, 개화 등의 역동적인 영상의 촬영도 기획하고 있다. 식물을 접사로 촬영할 경우 심도가 얕아져 초점이 안 맞는 부분이 많이 발생하는데, Focus Stacking 기법으로 또렷한 매크로 영상을 제작하는 기법도 시도 중이다. 더 나아가 3D로 식물을 스캔하여 '3D식물도감'을 제작해보자는 장기적인 아이디어도 제안된 상황이다. 정밀한 3D스캐너의 상용화로 지금까지 없었던 새로운 방식의 식물도감이 제작될 날 또한 머지않았다.

7. 나오며

지금까지 알지만 넓게, 조경 식물 분야의 발전을 위하여 다양한 기술과 장비들을 도입하여 활용하고 있는 사례들을 살펴보았다. 살아있는 생물을 대상으로 다룬다는 점에서 같은 기술이라도 다른 분야에서 적용하는 방식과 다소 차이가 있고, 조금 더 까다로울 수 있지만, 다각적인 시도와 데이터의 축적을 통해 점진적인 고도화를 이룰 수 있을 것이다. 이를 통해 정보는 보다 과학적이고, 식물은 보다 건강하며, 사람들은 보다 안전하고, 효율적으로 일할 수 있는 조경 식물 분야가 되기를 기대한다. [ST](#)



친환경 소재로서 바이오차의 공학적 응용과 미래

전강민 / 강원대학교 건축토목환경공학부 조교수

바이오차는 토양에 주입될 경우 영양염류의 유실을 막고, 물의 증발을 억제하며 토양미생물의 성장을 도와 작물의 생산성을 높여준다. 이뿐만 아니라 온실가스 저감에도 효과적인 것으로 알려져 있어 친환경 소재로서의 미래가치가 충분하다.

1. 들어가기

바이오차(Biochar)는 산소가 없거나, 제한된 조건에서 다양한 바이오매스(목재, 식물과 곡물, 해조류 및 미생물, 동물의 분뇨나 음식 쓰레기 등)를 열분해하여 만든 탄화물을 의미한다. 바이오매스를 이루고 있는 복잡한 구조의 탄화수소 분자들은 열분해 과정을 통하여 고체 부산물(탄화물), 액체 부산물(물, 액상 탄화수소, 타르) 및 기체 부산물(CO₂, 수증기, 가스상 탄화수소)로 변환된다. 이에 따라, 바이오차의 생산효율 및 물리화학적 특성은 바이오매스의 종류 및 성분, 열분해온도, 가열비율, 반응기 운전조건 등에 크게 달라진다. 바이오차에 대한 연구는 토질 개선 및 CO₂ 격리를 목적으로 하여 시작되었으며, 기존의 연구결과에 따르면 바이오차를 토양에 주입할 경우 영양염류(질소 및 인)의 유실을 막고, 물의 증발을 억제하며, 토양미생물의 성장을 도와 작물의 생산성을 증가시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 바이오차에는 바이오매스에 있던 80%가량의 탄소가 남아 있어 대기 중으로 방출될 탄소를 격리해 온실가스 저감에도 기여할 수 있는 것으로 나타났다.

2. 바이오차의 생산수율 및 물리화학적 특성에 미치는 영향

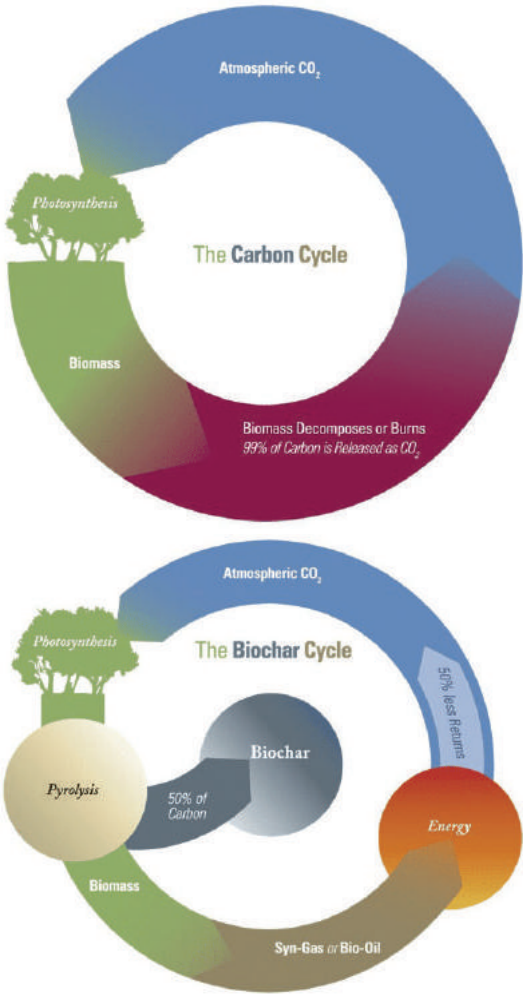
2.1. 바이오매스의 기원과 조성

바이오차의 물리화학적 특징은 전구물질에 따라서 달라지는데, 식물 기원 바이오차의 경우 극성이 낮아

표 1. 바이오매스의 발생 기원 및 종류¹⁾

발생기원	바이오매스 종류
식물	버드나무, 스위치 그래스, 알팔파, 옥수수, 카놀라, 콩, 포플러 및 기타 식물
동물	동물성 폐기물, 수생 생물
농업	견과류, 곡물, 벼, 사탕수수, 쌀겨, 씨앗껍질, 옥수수 줄기 및 짚
임업	나무껍질, 목재, 목재 슬래시, 폐목재 및 톱밥
도시	음식물 쓰레기, 생활 쓰레기, 폐지 및 하수 슬러지

그림 1. 탄소 순환 및 바이오차 순환²⁾



무극성 물질을 잘 흡착하며, 동물 기원 바이오차의 경우 식물 기원 바이오차보다 미네랄 함량이 높아 중금속과 같은 이온성 오염물질을 더 잘 흡착한다.

바이오매스는 주로 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스, 리그닌 등으로 이루어져 있으며, 각 성분별로 분해되는 온도가 다르기 때문에 열분해 온도 조건에 따라 바이오차 생산수율이 크게 달라진다(헤미셀룰로오스 : 150 - 350°C; 셀룰로오스 : 275 - 350°C; 리그닌 : 250 - 500°C). 헤미셀룰로오스는 셀룰로오스 대비 타르의 생성량이

적고, 셀룰로오스는 증기의 형태로 많이 배출되며, 리그닌의 경우 방향족 탄화수소의 비율이 높아 열분해가 천천히 일어나기 때문에 바이오차의 생산수율에 크게 기여한다.

2.2. 바이오차의 생산효율과 열분해 온도

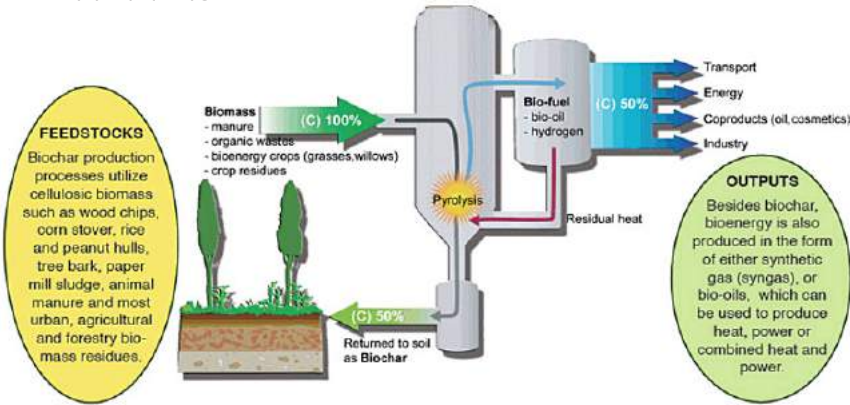
바이오차의 생산효율과 물리화학적 특징은 열분해 온도에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 낮은 온도에서 열분해할 경우 기체 부산물의 생산량이 적어 바이오차의 생산효율이 높아지고, 높은 온도에서 열분해할 경우 기체 부산물의 생산량이 증가하여 바이오차의 생산효율이 감소한다. 또한, 열분해 온도가 높아질수록 고정되는 탄소의 비율이 증가하여 산소 및 수소의 비율이 낮아지기 때문에 높은 온도에서 생성된 바이오차의 경우 소수성을 나타내고, 낮은 온도에서 생성된 바이오차의 경우 산소를 포함한 작용기를 많이 포함하고 있어 친수성을 나타낸다.

2.3. 저속 열분해와 급속 열분해

저속 열분해(Slow Pyrolysis)는 낮은 열전달률(0.1 - 2.0°C/sec) 영역에서 열분해가 이루어지는 방식으로써 일반적으로 350 - 600°C의 반응 온도에서 진행되며, 오랜 체류시간으로 인하여 고체, 액체 및 기체 부산물들이 고르게 생산되는 장점이 있다.

급속 열분해(Rapid Pyrolysis)는 500°C 부근에서 높은 열전달률(10 - 1,000°C/sec) 조건에서 열분해가 이루어진다. 즉, 극히 짧은 체류시간을 제공하여 바이오매스로부터 열분해를 통해 생성된 가스가 급속으로 냉각될 수 있도록 유도함으로써 액체 부산물(바이오오일)의 회수율을 극대화할 수 있다. 급속 열분해의 효율을 높이기 위해서는 빠른 열전달이 필수적이기 때문에, 일반적으로 바이오매스를 미세한 크기로 분쇄한 후 열분해기(Pyrolyzer)에 공급해 준다.

그림 2. 바이오차 제조 과정³⁾



3. 바이오차의 개질을 통한 성능 향상

바이오차는 물리적 개질 또는 화학적 개질을 통하여 오염물질 흡착능을 크게 향상시킬 수 있다. 물리적 개질(무기흡착제와의 결합, 증기활성, 자성부여 등)의 경우 화학적 개질(메탄을 개질, 산처리/염기처리, 산화처리 등) 대비 경제성이 높고 쉽게 개질이 가능한 반면 흡착능의 향상이 낮은 편이며, 화학적 개질은 바이오차의 비표면 증가시켜 오염물질이 흡착할 수 있는 Site를 늘리거나, 정전기적 인력을 향상시켜 오염물질의 흡착능을 향상시킬 수 있지만 물리적 개질 대비 많은 비용이 소요되는 단점이 있다.

4. 친환경 소재로서 바이오차의 활용

4.1 수처리용 흡착제

바이오차는 수계에 존재하는 유기물질 및 중금속 성분들을 효과적으로 제거할 수 있는 유기 흡착제로서 활용가치가

높으며, 기존의 석탄 계열 활성탄보다 안정성이 높으며, 아자 계열 활성탄보다 경제성이 높은 장점이 있어 향후 친환경 흡착제로서의 크게 주목을 받고 있다.

4.2 라돈 저감을 위한 건축 소재

각종 건축자재 및 생활용품 등에서 발생하는 라돈은 실내의 공기를 오염시켜 폐암을 유발하는 방사성 물질 중 하나로써 최근 큰 문제가 되고 있는데, 바이오차는 무미, 무색, 무취의 불활성 기체 상으로 존재하는 라돈을 효과적으로 제거할 수 있어 석고보드, 콘크리트, 침대 매트리스에 발생하는 라돈을 제어하기 위한 차세대 친환경 건축 소재로 각광을 받고 있다.

4.3 공기청정기용 필터 및 토양개량제

바이오차는 습기와 악취를 저감하는 공기청정 효과가 있어 기존의 활성탄 필터를 대체할 수 있는 소재로

표 2. 열전달률에 따른 열분해 기술의 분류⁴⁾

	Temperature (°C)	Vapor residence time	Heating rate (°C/sec)	Yields(wt%)		
				Char	Liquid	Gas
Slow Pyrolysis	350 - 600	5 - 30 min	0.1 - 2.0	25 - 35	20 - 40	10 - 15
Intermediate Pyrolysis	350 - 450	10 - 20 sec	2 - 10	15 - 25	40 - 50	50 - 75
Fast Pyrolysis	450 - 550	1 - 5 sec	10 - 1000	10 - 5	20 - 30	10 - 15

알려져 있다. 특히, 공기 중에 존재하는 발암성 물질들이 휘발성 유기화합물들을 효과적으로 제거할 수 있다는 연구결과들이 보고됨에 따라 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

더 나아가 바이오차를 토양 개량제로 이용할 경우 토양의 습기를 유지하고, 영양염류의 유실을 막을 수 있어 작물의 성장을 촉진할 수 있는 친환경 토양 개량제로 널리 알려져 있다. 특히 토양에 존재하는 중금속에 의한 독성을 효과적으로 저감할 수 있어 토양의 농업적 가치와 질을 높일 수 있어 일부 국가에서는 바이오차를 표준화하기 위해 노력 중이다.

4.4 폐기물 자원화 및 전극-복합소재

기존에 버려지는 바이오매스를 친환경 소재로 재이용할 수 있는 바이오차 기술은 처리 과정에서 발생하는 2차 오염을 저감할 수 있고, 동시에 친환경 유기흡착제 및 토양개량제, 바이오 오일과 같은 고부가가치 부산물을 생성할 수 있어 폐기물 자원화를 위한 원천기술로 알려져 있다.

또한 바이오차는 탄화수소로 주로 이루어져 있어 탄소 기반 전극소재로서 활용될 수 있다. 물리적/화학적 개질을 통하여 바이오차의 내부에 다공성 네트워크를 형성할 경우 높은 비표면적 특성을 가질 수 있어 차세대 에너지 저장 장치인 슈퍼커패시터(Super Capacitor)의

전극소재로 활용될 수 있어 수십조 원 이상의 경제적 효과를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

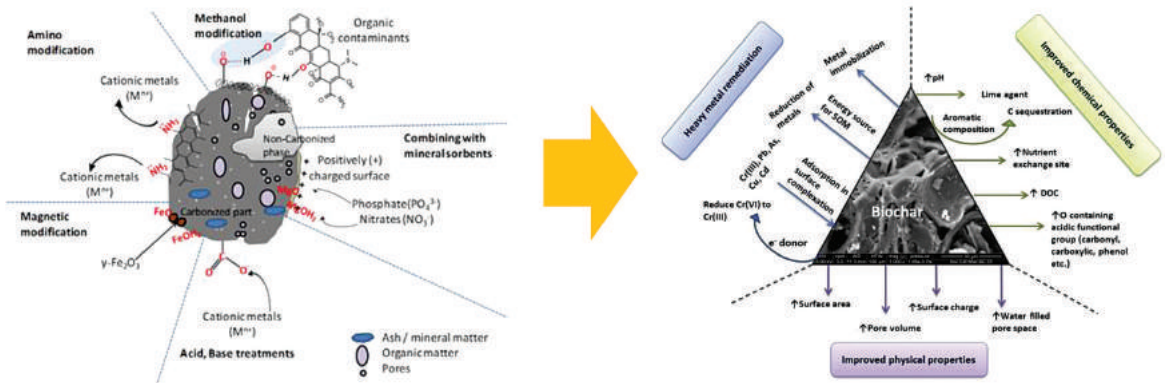
5. 친환경 소재로서 바이오차의 미래가치

바이오차는 최근 5년간 1,000여건 이상의 논문이 세계적인 학술지에 발표되고 있는 차세대 녹색기술이지만, 아직 실용화 부분에서는 토양개량제로만 그 이용이 한정적이다. 향후, 친환경 소재로의 환경적인 장점을 바탕으로 경제적인 실용성을 확보하기 위해서는 안정적인 바이오매스 공급원의 확보와 함께 저비용의 물리적/화학적 개질 기술이 함께 확보되어야 할 것으로 판단된다. 특히, 국내에서 안정적인 바이오매스 공급원 문제를 해결할 수 있으면 전량 해외에서 수입되고 있는 국내 활성탄 수입을 대체할 수 있어 연간 2,000억 규모의 경제적 효과 창출이 기대된다. [sit](#)

참고문헌

1. Basu, P. Biomass gasification and pyrolysis: Practical design and theory. 1st Edition. Oxford: Elsevier 2010.
2. <https://www.ecolandscaping.org>
3. <https://www.ctc-n.org>
4. 김주식, 2012. 바이오매스의 열분해 기술 특성 및 동향: 리그노셀룰로오스(Lignocellulosic) 바이오매스를 중심으로. KIC News 15(6) 2-13.
5. Rajapaksha et al., 2016. Engineered/designer biochar for contaminant removal/immobilization from soil and water: Potential and implication of biochar modification. Chemosphere 148, 276 - 291.

그림 3. 물리적/화학적 개질을 통한 바이오차의 성능 향상⁶⁾





코로나19 이후 사회의 예측과 논란

왕순주 / 한림대학교 교수

코로나19 이후 사회와 인간의 삶의 변화는 많은 부분에서 공통적으로 이야기되는 부분이 있다. 특히 ‘언택트’라는 신조어로 대표되는 비대면, 비접촉 경향의 확산, 그리고 코로나19 대응을 위해 더 커진 정부의 역할과 변화된 국제 정치경제 환경 등일 것이다. 그러나 어떠한 주제들은 세분하여 보면 코로나19 이후의 상황에 대한 논란이 있을 수도 있다. 장점이라고 생각했던 주제에서 단점이 생기기도 한다. 미래의 예측은 그만큼 조심스럽다. 따라서 여기서는 분야별 예측과 그 논란에 대한 정리를 해보고자 한다.



1. 국가와 정부

1.1 크고 스마트해진 정부

생명과 안전을 위해 정부 역할 확대와 스마트화를 통한 정부의 개입을 용인하는 추세가 예상된다. 그러나 개인의 자유를 우선시하는 서구의 경향과 전통은 정부의 개입을 쉽게 용인하지 않는다. 향후 각 분야에서 정부와 개인의 역할과 한계에서 충돌의 가능성이 충분히 있다.

1.2 공공목적과 사생활 침해

확진자 동선을 포함한 정보 공개가 방역에는 큰 역할을 하였으나 서구에서 ‘빅 브라더’ 논란으로 비판이 있었다. 국내에서는 정보 공개가 공공목적으로 안전에 역할을 한다는 의견이 우세한 경향이 있었지만, 아직도 모든 국가에서 동의 받는 상황은 아니다. 그러나 적어도 공공목적을 위한 관리의 필요성은 인식되는 듯하다. 두 개의 반대되는 주제의 접점의 위치는 결국 그 사회의 역량, 문화, 전통, 구조와 관계되는 복잡한 함수의 영향을 받을 것이며, 현재로서는 하나로 설명할 수 없는 상황이다.

2. 국제 사회

2.1 전통적 선진국 개념의 변화

전통적인 선진국이 아닌 국가에서 코로나방역을 선도하는 국가들이 나오면서 전통적 선진국의 개념, 전통적 국가 경쟁력 평가 기준의 재정의가 필요하게 되었다. 그러면 계속적으로 선진국이 선진국의 지위를 유지하고, 영향력을 가질 수 있을까? 부실 의료시스템 민낯에 서구 선진국 신화가 깨진 것은 확실하고, 적어도 서구 우위의 균열이 시작된 것으로 보인다. 그럼 질서가 완전히 변화될 것인가는 아직 장담하기 어렵다.

2.2 G2 패권국 리더십 상처

최근의 미국과 중국의 G2 패권국이 대표적인 코로나19의 피해 국가가 되었고, G2 패권국 사이의

갈등이 고조되고 있다. 미국 우위의 세계 질서로 계속 갈 것인가에 대해서는 회의적인 시각이 존재하나 여전히 큰 범주에서는 변화가 크지 않을 것이라는 예상도 있다. G2 패권국 사이의 갈등으로 촉발되는 여러 사건들이 있을 것은 확실시된다. 그러나 그렇다고 다극체제의 국제사회로 국제질서가 변화될 것이라는 예상은 현시점에서 단언하기 어렵다.

2.3 리쇼어링으로 대변되는 국제공급망 재편

코로나19로 국제물류에 타격이 생기고, 미중 갈등으로 기업 유턴 경향이 촉발되었다. 일부 보건안전제품은 국가 안보의 성격을 띠게 되었다. 코로나19 시대에는 강제적으로 리쇼어링을 선택할 수밖에 없는 환경이지만 이것이 장기적 추세로 갈 것인가? 많은 기업들이 선택 기로에 있다.

3. 개인 삶의 변화 - 비접촉 문화의 확산

3.1 일과 직장

스마트 오피스, 재택근무 등으로 대변되는 업무 문화의 혁신적 변화가 급물살을 타고 있다. 원격, 재택근무 기반이 미진한 지역, 국가는 생산성과 안전성 면에서 떨어지게 된다. 회의는 원격화상회의를 통해서, 업무지시는 메신저를 통해서 하는 경우가 증가하였다. 가정이 집의 역할과 회사의 역할을 겸하게 되면서 문제들도 증가하고 있다.

3.2 여가 및 오락 생활

집에서 안전하게 놀고 즐기는 문화가 확산되며 외부에서 하던 여가나 오락 활동이 가정 내 중심으로 바뀌었다. PC방보다는 집안에서 게임을 하고, 영화관보다는 넷플릭스 같은 OTT 플랫폼의 활용이 증가하며, 운동 시설보다는 가정에서 운동을 하기도 하고, 요리나 독서 같은 취미를 가정에서 즐기는 시간이 늘고 있다.

3.3 교육

온라인 교육이 활성화되었으나, 실습 등 어디까지 대면, 집합 교육을 대체할 수 있는지는 아직 논란의 여지가 있다. 온라인 교육을 활용할 노트북, 인터넷 환경 등 개인별 하드웨어 기반의 차이로, 취약 계층은 평소보다도 교육 혜택에서 소외될 가능성도 커지고 있다. 제대로 된 관리, 학부모의 부담 증가, 온라인 교육 적용의 공교육과 사교육의 차이 등으로 향후 해결해야 될 문제점도 떠오르고 있다.

3.4 스포츠

스포츠 중 예로서 프로야구는 세계적으로 대만에 이어 두 번째로 개막을 하였지만, 2020년 5월 현재 미국, 일본은 개막을 하지 못하고 있다. 무관중 경기, 선수와 관련자들의 방역 관리, 코로나19 대비 경기운영지침의 개발 등 많은 변화가 있다. 국제적으로는 올림픽의 연기, 국제 경기의 연기와 취소 등이 이어지고 있다. 스포츠 경기를 중계만으로 보는 상황에 익숙해져야 하고, 아직 개최 여부, 무관중이나 관중 참여 기준, 국내 및 국제 경기 진행 기준은 정해져있지 않다. 스포츠 산업도 타격이 크다. 개인의 스포츠 활동 참여도 제한이 많다. 감염병과 스포츠 안전은 그동안 심각하게 다루어지지 못한 주제여서 코로나19 확산을 계기로 경험을 쌓아가고 있는 상태이다.

4. 경제와 산업의 변화

비접촉 문화의 확산은 사람들을 일상적인 경제활동에서 온라인 경제활동으로 이끌었다. 이커머스 시장이 비약적으로 증가하고, 접촉의 위험이 있는 경제 활동은 꺼리는 경향이 유지된다. 과거보다 택배의 활용, 배달 문화가 활성화되었고, 관련 직종의 수요가 증가하였지만, 물류센터에서의 대량 감염에서 보듯이 배달 환경조차 감염병이 침투하고 이를 두려워하는 소비자들의 심리는 활성화되는 배달 문화의 어두운 면이다. 배달,

비접촉 경제의 활성화는 거스를 수 없는 대세이나, 이것도 역시 해결해야 될 부분이 많음을 보여준다.

5. 의료 및 보건

기본적인 위생관념이 평소보다 향상되어 코로나19를 제외한 독감과 같은 감염병은 예년 같은 확산이 되지 않는 것으로 보인다. 한번 익숙해진 위생관념과 활동은 일부라도 지속적으로 습관화될 수 있다. 사회 각 곳에 마련된 보건 기반은 새로운 감염병의 방파제 역할을 미래에도 하게 된다. 그러나 의료기관을 감염의 위험이 있는 곳으로 인식하여 방문을 두려워하고, 감염병 확산 기간에는 전체 의료의 수요가 감소하게 된다. 보건·의료 산업은 진단키트의 예처럼 비약적인 발전이 일어나는 분야도 생기나, 국가의 종합적 역량과 기초과학이 필요한 치료제나 백신 같은 분야는 국내에서 선도하는 데는 한계가 있을 것이다. 종합적으로 보건·의료도 안전과 안보의 개념으로 접근이 가능한 것이 인식되고, 그 중요성을 민관이 깨달으며, 투자도 늘어날 것이다. 그러나 소위 K-방역의 성공과 확산을 말하기에는 아직 이르고, 그를 뒷받침할 기초와 역량이 필요하다.

6. 환경

그간 인간의 행위가 환경에 악영향을 준 상황들이 코로나19의 확산으로 간접적으로 증명이 되었다. 중국에서의 코로나19 확산 시 미세먼지 감소, 인도 북부에서 인간활동 감소 후 몇 십 년 만에 히말라야 산맥이 시야에 보이고, 이태리 베니스에 맑아진 물에 돌고래 등 생명체들이 나타났다는 기사들을 접할 수 있다. 향후의 비접촉 문화의 지속적인 확산은 환경파괴, 에너지 소모를 감소시킴으로 그간 지속되어 왔던 환경에 대한 인간의 악영향을 감소시키는 데 일조할 것으로 보인다. 그러나 환경의 변화로 인한 새로운 인간 생활의 변화는 새로운 도전이기도 하다. 생물종의 변화, 코로나19로 환경 감시 기능의 저하 등 코로나19 이후 환경의 피해도 예상됨을 잊어서는 안 된다.

코로나19 이후 사회의 예측은 그것을 어떤 관점에서 보느냐에 따라 위와 같이 다양한 예측이 있을 수 있다. 비대면, 비접촉 사회로 가면서 공공의 역할이 중요해지는 것은 분명하나 세부사항과 그 파생되는 형상은 향후 지속적으로 관찰, 검토해야 하겠다. [sIT](#)



NEW TECHNOLOGY + 01

지속가능한 시설물 유지관리를 위한 디지털영상 활용전략

정연중 / 한국시설안전공단 시설성능연구원 과장
 김영민 / 한국시설안전공단 시설성능연구원 부장
 장범수 / 한국시설안전공단 인재교육원 원장

SOC시설물의 노후화가 급속도로 진행되면서 시설물의 안전에 대한 불안감이 커지고 있다. 이에 따라 핵심 기술로 떠오르고 있는 디지털영상기술이 일상적인 시설물의 유지·관리에 적용될 수 있는지 또한 기존 기술의 한계성에 대안을 제시할 수 있는지에 대해 알아보자.



1. 서론

우리나라는 사회 기반시설을 대규모로 구축하여 확보한 산업적 역량을 바탕으로 세계적으로 유래를 찾기 어려운 압축성장을 이룩하는 눈부신 성과를 달성했다. 하지만 고도성장의 기반이 된 SOC시설물의 노후화가 급속도로 진행되어, 시설물의 안전에 대한 불안감이 커지고 있다. 이에 따라 2020년 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」이 제정되어, 시설물의 선제적 유지관리를 실현하기 위한 노력이 지속되고 있다.

법안 시행에 따라 최근 의결된 제1차 기반시설관리 기본계획(‘20~’25년)에서는 노후화로 인한 관리비용이 지속적으로 증가할 현실에 대응하여 새로운 비전을 제시하고 있다. 그중 스마트 유지관리 기반 구축과 관련된 산업 육성은 주요 4가지 전략 중 하나이다. 기존 Low-tech 영역에 해당하던 시설물 유지·관리 분야에서도 스마트 기술을 접목하여 High-tech 영역으로 고도화하고자 하는 노력이 다방면으로 지속되고 있다. 이를 통해 시설물의 상태를 DB화하고 이를 바탕으로 투자 우선순위 설정과 같은 정책적 지원을 수행할 예정이다.

기존 시설물의 유지관리는 시설물 종에 따른 개별법(예, 「도로법」, 「항만법」, 「하천법」 등)에 따라 수행되고 있으며, 중요 시설물에 대해서는 「시설물의 안전 및 유지관리에

관한 특별법」에 따라 정밀안전진단 등과 같은 과업을 통해 이루어지고 있다. 과업 수행 시 균열 등과 같은 시설물 외관의 손상 및 상태를 조사하는 ‘외관조사’ 과업의 결과는 시설물의 상태평가를 위한 기반 자료로써 활용되는 핵심 자료이다. 하지만 기존 계측 장비 및 기법은 측정자·주변 환경·장비 성능에 따른 오차로 인하여, 생애주기 관점의 선제적 시설물 유지관리를 위해 그 신뢰성을 높이고 체계적인 DB 구축이 필요한 시점이다.

2. 시설물 유지관리 및 디지털영상 활용 현황

일상적인 ‘외관조사’ 과업 수행 시 모든 절차에 걸쳐 디지털 영상 정보는 일상적으로 활용되는 정보이다. 하지만 디지털 영상이 촬영 대상에 대한 공간정보를 반영하고 있음에도 불구하고, 해당 기술의 활용은 시설물의 손상 및 상태에 대한 정성적 증빙(예, 균열/박리 등에 대한 증빙사진)에 그쳐있다. 디지털 영상기술은 촬영 및 활용전략에 따라 기존 유지·관리 과업의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 요소 기술일 뿐만 아니라 공간정보 DB의 고도화를 가능케 할 수 있다. 또한 시설물의 선제적 유지관리에 필수적인 부재별 상태평가, 시간에 따른 이력 관리, 유지·보수 비용 산정을 위한 핵심정보로 활용이 가능하다.

그림 1. 제1차 기반시설관리기본계획 주요 내용(국토교통부, 2020)

비전	세계 일류의 기반시설 관리로 강한경제, 고품격 생활안전 실현		
목표	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 기반시설관리 거버넌스 정립 • 전체 기반시설 안전등급을 "미흡" 및 "불량" 없도록 관리 • 스마트 유지관리 신기술 개발을 통한 일자리 확대 • 선제적 투자를 통한 미래부담 경감 		
추진 전략	관리체계 선제적 관리체계 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 종합적·선제적 유지관리 계획 체계 정립 • 유기적 유지관리 이행체계 구축 	
	관리대상·방식 생활안전 관리수준 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 기반시설 안전 유지관리 합리화 • 생활안전 사각지대 해소 • 지하 기반시설 안전관리 강화 	
	기술·산업 육성 스마트 유지관리를 통한 산업육성 추진	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 기반 과학적 관리체계 구축 • 스마트 유지관리 신기술 개발·활용 • 유지관리 일자리 개선 및 산업성장 지원 	
	투자·재원 선제적 투자 및 투자재원 다각화	<ul style="list-style-type: none"> • 지속가능성 확보를 위한 선제적 투자 강화 • 다양한 안전투자 자원조달 방안 마련 	
변화 모습	현재	변화	
	안전점검	보이는 위험만 처리	잠재된 위험도 발굴·해소
	투자	신규건설 위주 투자	노후 시설 선제적 투자 강화
	관리체계	시설별 사후 위주 관리	총체적 선제적 관리
	관리방식	경험의존 예측·수동 관리	빅데이터 기반 예측·자동 관리
정보화	기관별 분절적 관리	플랫폼을 통한 정보 통합관리	
기술·산업	인력 중심의 산업	기술 중심의 고부가가치 산업	



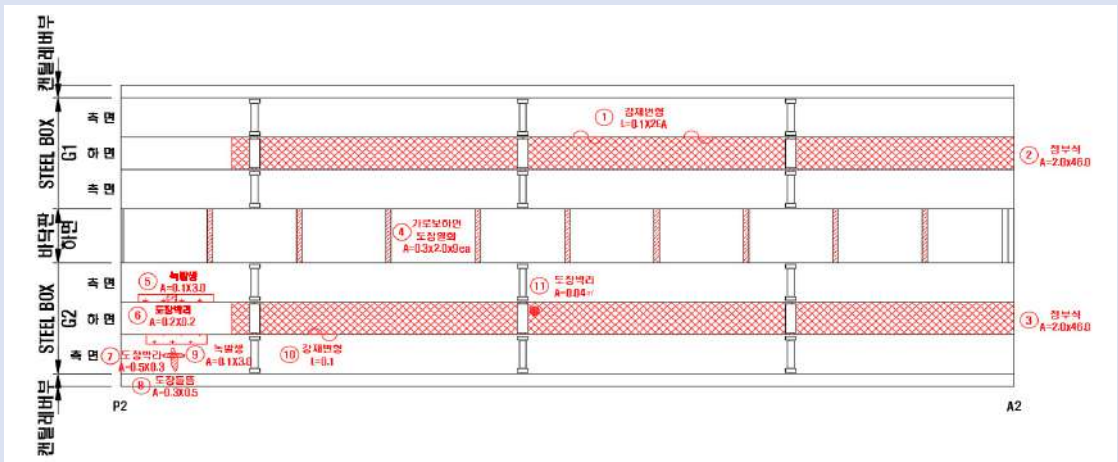
그림 2. 바리·박락 손상 예(oo교량)



그림 3. 균열 손상 예(oo교량)



그림 4. 외관조사망도 예(oo교량)



3. 시설물 유지관리를 위한 디지털영상 활용전략

3.1. 디지털영상기반 정밀계측

시설물 손상 중 대표적인 균열의 경우 <그림 5>의 예(균열 계측장치)와 같은 기존 장비를 이용할 경우 측정자 및 주변 환경에 의해 오차가 발생하여 데이터의 신뢰성 문제를 야기할 수 있다. 디지털영상의 기본 구성요소 및 그 특성을 활용할 경우 정확도 및 신뢰성을 향상시키는 정밀계측에 이용 가능하다.

디지털영상은 <그림 6>과 같이 단위 Pixel(3차원 영상의 경우 Voxel)로 이루어진 데이터 구조체(예, $N \times N \times N$)이다. 디지털 영상은 각 구조체에서의 값(8비트 이미지의 경우 0~255)을 바탕으로 시각화되어, 단위 Pixel이 표현하는 크기와 함께 피사체의 공간정보를 반영하고 있다. 이에 따라 영상을 구성하는 단위 Pixel이 대표하는 크기를 획득 가능하다면, 영상 내부에 해당하는 크기정보를 추출할 수 있다.

<그림 7>은 <그림 5>의 기존 균열계측장치를 이용하지 않고도, 사전에 크기를 알고 있는 간단한 면적보정기준(단위 사각형의 크기: 2.5mm)을 이용하여 균열계측에 이용 가능함을 보여준다. <그림 7(a)>는 면적보정기준을 포함하여 촬영한 사진 원본으로 단위사각형을 구성하는 Pixel의 개수를 획득하여 단위 Pixel이 표현하는 실제 균열부의 크기를 계산 할 수 있다. 원본 이미지에 대하여 균열추출기법 및 유클리디안 거리변환(Euclidean Distance Transformation, EDT)을 적용할 경우 영상에 촬영된 균열정보 전체에 대한 크기 정보를 정량화할 수 있다.

이는 기존 특정 점을 기준으로 측정하여 시설물 표면에 분포하는 균열 크기를 대표하기 어렵던 한계점을 극복할 수 있는 대안이며, 면적보정이 가능한 기준만 확보된다면 과업 수행자에 관계없이 계측 신뢰도를 일정하게 확보 가능하다고 판단된다.

3.2. 디지털 외관조사망도

시설물의 유지·관리과업 수행 시 '외관조사'에 따른 대표적인

그림 5. 기존 균열계측 기법

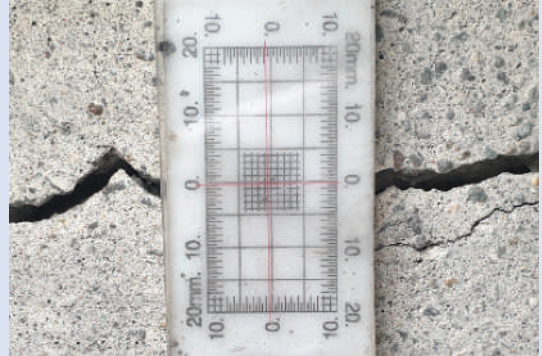


그림 6. 디지털 영상의 기본 구성

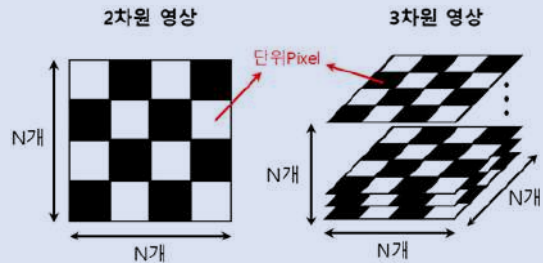
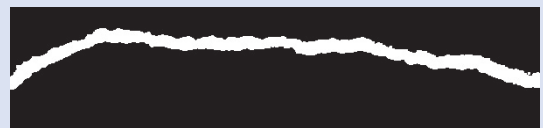


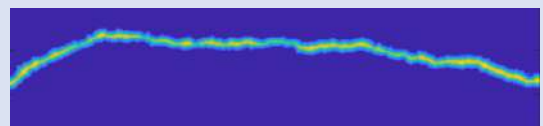
그림 7. 면적보정기준을 활용한 균열 정밀계측(예)



(a) 균열부 촬영 원본



(b) 균열정보 추출



(c) 유클리디안 거리변환을 이용한 균열 크기정보 정량화

결과는 '외관조사망도'이다. 외관조사망도는 <그림 4>와 같이 시설물의 도면상에서 특정 결함 및 이상 여부에 대한 위치 및 크기정보를 기록한 결과이다. 디지털영상 또한 피사체 시설물 및 주요 부재에 대한 공간 및 크기정보 특성을 반영하기 때문에 자체적으로도 외관조사망도로 활용 가능하며, 실제 시설물 표면의 형태를 시각적으로 보여주기 때문에 일상적 유지·관리 시 유용하게 활용 할 수 있다.

<그림 8>은 중첩하여 촬영된 영상들과 영상정합(Image Stitching)기술을 활용하여 균열의 전체적인 공간정보를 재구성할 수 있음을 보여준다. 해당 기술은 중첩 촬영한 특정 손상부 영역<그림 8(a)>의 각 이미지에서 특징점을 찾아 쌍대비교를 통하여 매칭을 수행<그림 8(b)>한다. 이를 다중 수행할 경우 <그림 8(c)>와 같은 초고해상도 정합이미지를 획득할 수 있다.

4. 나아갈 방향

본 기고문은 기존 Low-tech 영역으로 분류되어 왔던 유지·관리 분야를 High-tech 영역으로 도약시키기 위한

흐름상에서, 디지털영상기술이 일상적인 시설물의 유지·관리에 적용될 수 있으며, 기존 기술의 한계성을 극복 가능한 대안을 제시할 수 있음을 보여주고자 했다. 대표적 사례로 제시한 정밀계측, 디지털외관조사망도 활용전략 외에도, 디지털영상기술은 이미 다양한 분야에서 공간정보 정량화 뿐만 아니라 고도화된 다중물리 수치해석을 위한 해석 도메인으로 활용되는 등 널리 이용되고 있는 기술이다.


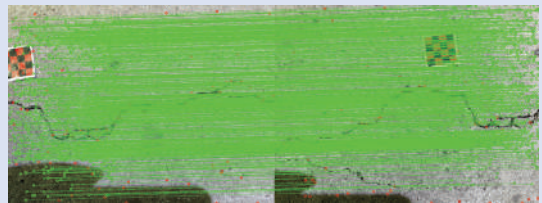
특히 디지털영상에 대한 기술은 휴대용 모바일기기, 자율주행 등에 대한 핵심적인 기술로 폭발적인 수요 증가에 따라 집중적으로 개발되고 있다. 특히 최근에는 3D X-ray CT, ToF, LiDAR 등 3차원 공간정보를 구성하기 위한 연구가 집중적으로 진행되고 있다. 이에 따라 새롭게 개발되는 디지털영상 및 분석 자동화 기술을 도입하여 시설물 유지·관리 분야에서도 신시장 개척 및 기술혁신 생태계를 조성하여 해당 분야에 대한 국가적 경쟁력을 향상시키고, 안전한 시설물 환경을 재구축할 필요가 있다고 판단된다. 

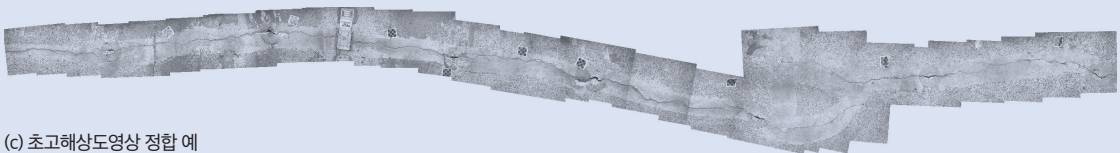
그림 8. 디지털영상정보를 활용한 손상부 균열망도 구성(예)



(a) 중첩촬영 원본 이미지(좌/우)



(b) 특이점 기반 영상 매칭기술



(c) 초고해상도영상 정합 예

LOHC를 이용한 안전한 수소 저장 기술

박지훈 / 한국화학연구원 환경자원연구센터 책임연구원

현대사회의 산업화에 따라 환경오염이 심각한 사회적 문제로 대두된 가운데 전 세계는 이에 대한 해결책으로 재생에너지를 주목했다. 그중 수소 에너지는 친환경성, 에너지 저장의 가능성을 지니고 있어 미래 에너지로서 전망이 밝다. 특히 전 세계 다양한 국가들이 LOHC를 이용한 안전한 수소 저장 기술에 주목하며 수소 경제 활성화를 위해 노력하고 있다.

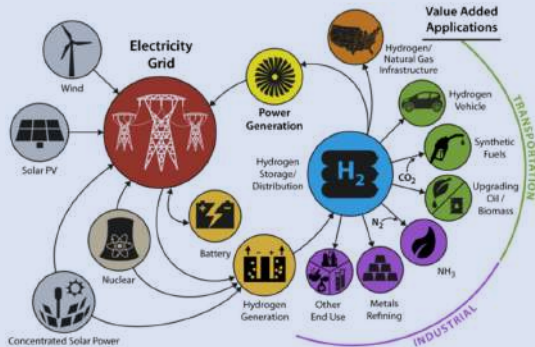


탄소배출 zero를 위한 수소 중심 사회

산업화 이후 인류는 방대한 양의 에너지를 소비하고 있으며, 그 대부분을 화석연료에 기반하고 있다. 이에 따라 필연적으로 이산화탄소 배출에 의한 기후문제가 대두되고 있으며, 에너지 수요는 여전히 큰 폭으로 증가하는 추세이다. 이의 해결을 위해 2015년 12월 파리 기후협정(Paris Agreement)을 비롯한 다양한 국제적 노력을 추진하고 있으며, 한국은 2030년 배출전망치(BAU) 대비 37%의 온실가스 감축을 위한 다양한 노력을 수행 중이다. 특히 기존 배출된 탄소의 직접 활용 이외에도 재생에너지의 생산과 활용을 확대하기 위한 '재생에너지 3020 이행계획'과 같은 전략을 수립하고 있다.

수소 에너지는 친환경성, 에너지 저장의 가능성을 지닌 미래 에너지로 주목받고 있다. 또한 수소의 무게대비 높은 에너지 저장 밀도(33.3 kWh/Kg-H₂)는 자체의 에너지원 뿐만 아니라 재생에너지의 운반체로 활용할 수 있다. 재생에너지의 핵심인 태양광 및 풍력 발전은 시간 및 환경에 따른 제약이 발생하며, 기저 발전을 대체할 만한 연속성을 확보하기 어렵다는 문제를 가지고 있다. 이러한 불안정성 문제를 해결하기 위해 대용량의 에너지를 저장하고 공급하는 기술이 요구되며, 수소는 이에 가장 적합한 에너지원으로 주목받고 있다. 수소는 가스나 액체로 만들어 쉽게 수송할 수 있고 운반 시에도 전기에너지 형태로 운송하는 것보다 운송 손실을 1/10 정도로 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다. 이를 통해 탄소 에너지를 수소 중심의 에너지 순환으로 변경하여 탄소배출-zero 사회로 패러다임 전환을 시도하고 있다.

그림 1. 탄소 대체 수소 중심의 미래 에너지 사회

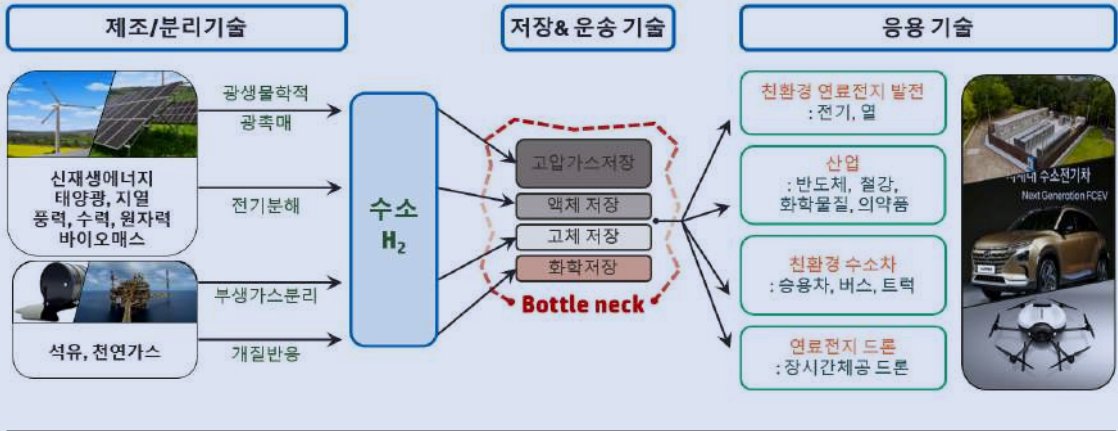


출처: 미국 DOE

정부에서는 2019년 “수소경제 활성화 로드맵”을 설정하고, 수소를 중요한 에너지 기반으로 활용하는 미래 경제 성장동력을 통해 사회 전반 및 국민 생활 등에 근본적 변화를 유래하는 장기 비전을 수립하였다.

수소경제 선도국 도약을 위해 2040년까지 620만 대 이상의 수소차 생산, 연간 526만 톤 이상의 수소 공급 및 1,200개소의 수소 충전소 보급을 목표로 하고 있다.

그림 2. 수소 에너지의 생산, 저장, 응용 기술 소개



수소 경제 활성화를 위한 수소 저장 기술

수소경제의 실현을 위해서는 수소의 생산, 저장·운송, 활용에 대한 기술 혁신이 요구된다. 국내에서는 아직 석유 기반이긴 하지만 다양한 수소 생산 기술이 개발되고 있으며, 신재생 에너지를 이용하여 탄소 배출 없이 물에서 수소를 생산하는 수전해 기술도 활발하게 개발하고 있다. 수소 활용기술은 이미 수소차(현대자동차 넥소) 및 수소연료전지 발전으로 세계 선도적인 수준에 이르고 있다. 그러나 수소의 보급 및 활용의 필수요소인 안정적인 수소 저장 및 운송 기술은 여전히 제한적인 기술만 활용되는 실정이다. 수소차를 보유한 소비자들도 도심지 수소 공급의 제한으로 여전히 수소 충전소의 접근성에 대한 어려움을 겪고 있는 것도 같은 이유로 볼 수 있다.

수소 저장 기술은 그 저장 방식에 따라 다양한 에너지 밀도와 기술적 다양성을 가지고 있으며, 가장 상업적으로 널리 사용되는 기술은 압축에 의한 수소 저장 기술로 낮게는 120 bar(수소 실린더)에서 최대 1,000 bar까지 압축하여 저장하고 운송하고 있다. 산업단지 내에서는 파이프를 통해 대량의 수소를 운반하기도 한다. 수소를 저장하기 위해 초고압으로 압축하거나 액화를 하는 기술은 수소를 효율적으로 저장하는 기술이지만, 압축 및 액화를 위해서는 특수한 장치와 이를 운반하기 위한 특수 이동 수단이 요구

되며 여전히 안전에 대한 불안감도 매우 큰 기술이다. 서울 도심과 같이 세계적인 초고밀도 인구 밀집 지역에서는 작은 위험성이 거대한 사고를 불러올 수 있어 생활지역 확대를 위해서는 사회적 합의와 노력이 필요하다.

수소를 안전하게 운송하는 'LOHC 기술'

수소 보급의 어려움을 극복하기 위해 화학물질에 수소를 저장하여 안전한 상태로 저장하는 기술이 주목받고 있으며, 특히 액체 상태인 화학물질에 수소를 저장하고 운송하는 액상 유기물 수소 저장체(LOHC; Liquid Organic Hydrogen Carrier) 기술이 주목받고 있다. 기술 분류상 물질 기반 수소 저장 기술에 속하며 다른 물질 기반의 저장 기술과 달리 화학적 반응을 통해 수소를 저장하며, 실온에서 액체 상태로 수소 저장이 가능한 기술이다. 수소 저장밀도 또한 180기압 압축수소에 비해 약 5배 정도 높은 성능을 보인다.

저장체인 액상 유기물은 저온 및 200℃ 이상의 고온에서도 안정적으로 액체 상태를 유지하며, 물리적인 흡착이나 압축이 아닌 화학적 반응에 의한 수소화된 안정한 물질 상태로 저장되기 때문에 압력이나 온도 변화 등의 물리적 조건 변화에 의해서는 절대로 저장된 수소가 방출되지 않는다. 이와 같은 특징으로 인해 수소 운송 시 기압조건이나 특수 용기의 필요성 없이 저장체의 화학물질 취급 방법에

그림 3. LOHC를 이용한 수소 저장/운송 개념도



생산된 수소를 유조차를 이용하여 운반하고 탈수소화를 통해 수소차에 충전
출처: ChemSusChem 2018/2호 표지

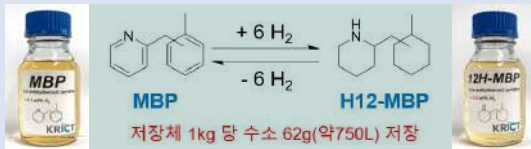
그림 4. LOHC의 수소 저장용량 비교



1,000L의 LOHC는 압축가스 50개와 동일 양의 수소를 포함하고 있으며, 수소차 약 6,000km 주행 가능량

출처: Hydrogenious社, 현대자동차 그래픽 편집

그림 5. 한국화학연구원에서 개발한 LOHC 저장체



6.2% 수소가 저장된 상태(12H-MBP)에서도 유리용기에 보관 가능


따라 쉽게 운송이 가능하며, 유조차, 플라스틱 용기, 유리병으로도 저장된 수소를 운송할 수 있는 안전한 수소 저장 기술이다. 수소가 필요한 지역에서는 화학적 반응(촉매 반응)을 통해 상압의 수소를 공급할 수 있다. 수소를 빼낸 저장체는 버려지거나 방출되는 것이 아니라 다시 수소를

충전하여 저장체로 재순환되기 때문에 화학 폐기물도 발생하지 않는다. 결국 수소 생산과 활용공정을 제외한 대부분의 생활 환경에서는(가스 형태의) 수소가 없는 안전한 수소 사회 구현이 가능하다.

국내에서는 한국화학연구원에서 효율적으로 수소 공급이 가능한 LOHC 저장체 및 촉매 시스템을 자체적으로 개발하였으며, 한국과학기술연구원 및 전력연구원에서는 LOHC 및 연료전지 연계 시스템에 대한 연구를 진행하여 LOHC 기술 실용화를 준비하고 있다.

대륙-해양을 건너기 위한 수소 저장 기술

세계적인 수소 중심 사회의 흐름에 따라 대륙 및 해양을 이용한 수소 운송 기술도 준비되고 있다. 자연조건에 의존하는 재생에너지의 특성으로 인해 지역 간(수소 생산이 어려운 서울과 생산지), 국가간(호주와 일본 등) 수소 에너지 공급의 불균형이 발생할 수 있으며 이를 위해 효율적인 방법으로 장기간-대용량의 수소 운반기술이 필요하다. 독일 Hydrogenious社는 안정적인 물질을 기반으로 유럽 대륙 및 미국, 중국 내 장거리 수소 운송에 LOHC 기술을 접목하고 있으며, 일본 치요다 화공은 저렴한 저장체를 기반으로 호주나 브루나이에서 생산된 수소를 해상을 통해 일본으로 가져오는 프로젝트를 수행 중에 있다.

서울을 비롯한 수도권은 인구의 50%가 밀집하여 생활하는 거대 생활권이며 대규모 에너지를 소비하고 있다. 이에 필연적으로 오염물 배출, 미세먼지 등의 환경 문제와 나아가 기후변화 같은 장기적인 문제에 직면하고 있다. 수소차 및 수소연료전지 발전 등은 이러한 문제를 해결할 확실한 방안으로 대두되고 있으며 LOHC를 이용한 안전한 수소 저장 기술은 선도적인 친환경 에너지 도시 서울을 실현할 핵심 기술로 기대할 수 있다. 

참고문헌

1. 2019년 대한민국 "수소경제 활성화 로드맵"
2. ChemSusChem 2018, 11, 661.
3. NEWS & INFORMATION FOR CHEMICAL ENGINEERS, Vol. 37, No. 4, 2019

NEW TECHNOLOGY + 03

IoT를 활용한 스마트 환기시스템

이기용 / 서울기술연구원 기후환경연구실 전임연구원

많은 현대인들은 코로나 바이러스로 인해 사회적 거리두기 운동이 진행되자 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있다. 이에 따라 실내공기질에 대한 대중들의 관심도 높아지고 있으며 IoT를 활용한 스마트 환기 시스템에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다.



실내 재실 시간 증가로 대중들의 실내공기질의 관심 증가

현재 전 세계적으로 유행 중인 코로나 바이러스로 인하여 세계보건기구(WHO)에서는 감염병의 최고 경고 등급인 ‘팬데믹(Pandemic)’을 선언하였다. 이 현상으로 많은 국가와 그 구성원들은 ‘사회적 거리두기 운동’과 같이 사회활동을 최소화하고 자가격리를 실천하는 등, 코로나 바이러스의 확산을 저지하기 위해 노력하고 있다.

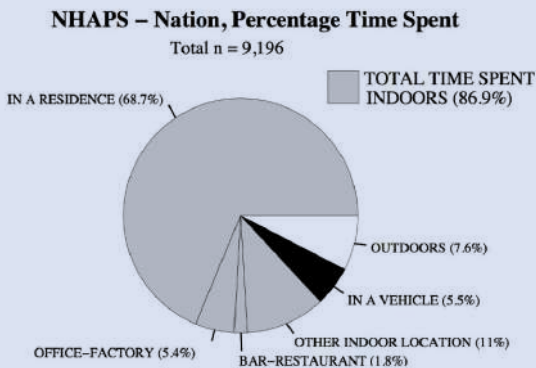
현대인들은 각자의 가정과 일을 하기 위한 사무실과 공장, 그리고 다중이용시설 등 실내에서 보내는 시간이

많으며, 인용하는 문헌마다 비율에는 다소 차이는 있지만, 하루 중 80% 이상의 시간을 실내에서 보내는 것으로 알려져 있다. 현재는 코로나 바이러스 유행으로 인해 재택근무를 시행하거나 외출을 최소화함으로써 실내에서 거주하는 시간이 더욱 많아지고 있으며, 공기청정기의 매출이 상승하는 등^{2,3)} 실내공기질에 대한 대중의 관심 또한 높아지고 있다.

IoT를 활용한 스마트 환기시스템⁴⁾

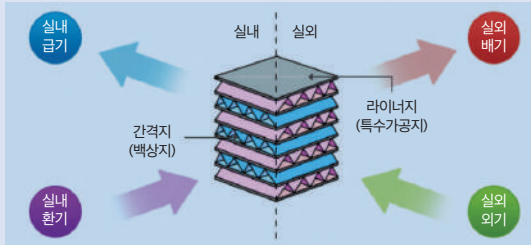
실내공기질에 대한 대중의 관심이 높아진 만큼, 국내에서도 실내공기를 쾌적하게 만들기 위한 환기 기술과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 예시로 한국건설기술연구원에서는 지난 2019년 12월 ‘2025년형 스마트 환기시스템’을 개발하였다. 이는 기존에 프리필터만 설치되어 있던 환기시스템과는 별도로 냄새를 제거하는 탈취 필터, 미세먼지 저감을 위한 헤파(HEPA)필터까지 설치되어 있다. 이 환기시스템에 설치된 열회수형 환기장치는 KS B 6879(열회수형 환기장치 기술표준)에 따른 시험 결과, 150CMH 기준(풍량 150m³/h) 냉방 시 71%, 난방 시 83%의 에너지 교환효율을 가진 것으로 나타났다. 이는 겨울철 외기 온도가 0℃, 실내 온도가 22℃ 일 경우, 실내공기를 이용하여 외기 온도를 약 18℃로 가열할 수 있는 효율을 의미한다.

그림 1. 미국 NHAPS의 재실시간 설문조사¹⁾



This pie chart from the NHAPS study shows that Americans spend 86.9% of time indoors, plus another 3.5% inside a vehicle. Chart: NHAPS

그림 2. 열회수형 환기장치의 열교환 원리⁶⁾



전열교환기라고도 불리는 열회수형 환기장치는 <그림 2>와 같이 열교환 소자를 이용하여 외부에서 들어오는 공기와 외부로 배출되는 실내공기를 서로 교차시켜 각각의 공기가 가진 에너지를 교환하는 원리로 이용된다. 이를 통하여 스마트 환기시스템은 에너지를 절약하고, 습도가 높은 경우에는 하루 10L 용량을 제습할 수 있는 성능을 갖추고 있다.

한편, 기존의 환기시스템과 달리 스마트 환기시스템의 두드러진 특징은 IoT(사물인터넷) 기술이 적용되어 사용자가 스마트폰을 이용하여 각 실에 설치된 스마트 디퓨저를(공기의 배출구) 통해 개별적으로 환기량을 제어할 수 있다는 점이다. 또한, 내장된 센서를 이용하여 계절별로 내·외부의 온도에 따라 환기량을 자동으로 조절할 수 있는

자동환기 모듈이 탑재되어 있다.

국토교통부에서 보도한 제2차 녹색건축물 기본계획(20~24)에 따르면⁶⁾ 2020년 1월부터 연면적 1,000㎡ 이상의 공공건축물은 의무적으로 제로에너지 건축물⁷⁾로 건설되어야 하며, 2025년부터는 30세대 이상의 공동주택이 제로에너지 건축물로 건설되어야 한다. 이에 환기에 요구되는 건물에너지를 절약함과 동시에 실내 공기질을 개선하여 실내를 쾌적하게 유지할 수 있는 스마트 환기시스템은 국가 정책에 발맞추어 향후 건설 시장에서 주목할 만한 기술이라 생각된다. [st](#)

- 1) The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants.
- 2) 아이뉴스24, '코로나19' 확산에 공기청정기 판매량 급증. <http://www.inews24.com/view/1244217>
- 3) UPI뉴스, '코로나19' 집콕족 증가.. 공기청정기 판매↑ <http://www.upinews.kr/newsView/upi202004060029>
- 4) 건설기술연구원 보도자료, 2019. '건설연, 2025년형 스마트환기시스템 개발' <https://www.kict.re.kr/>
- 5) 그림출처: <http://eunsung-ch.com/>
- 6) 국토교통부 보도자료, https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95083381
- 7) 제로에너지 건축물: 단열재, 이중창 등을 통해 빠져나가는 에너지의 양을 최소화하고, 태양광에너지 등의 신재생에너지를 적용하여 냉난방에너지 등의 에너지 소비를 최소화하는 건축물

그림 3. 스마트 환기시스템 구성



NEW TECHNOLOGY + 04

코로나19에 대응하는 방역(防疫) 나노기술

배운신 / 안전방재연구실 연구위원

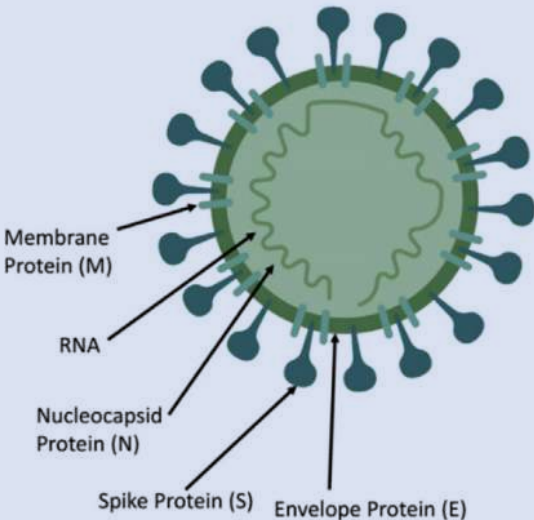
코로나 바이러스가 기승을 부리면서 방역에 대한 중요성이 더욱 커지고 있다. 그러나 적절하지 못한 소독제 살포 방식은 오히려 더 큰 바이러스 감염 위험을 낳기도 한다. 이에 여러 해외 국가들은 방역나노기술을 선보이며 바이러스 오염을 예측하기 위해 사활을 걸고 있다.



최근 사무실, 회의장, 병원, 버스, 교실 등에서는 분무기를 동원해 소독제를 살포하는 방식으로 방역 작업을 실시하고 있다. 분사방식 방역에 쓰이는 소독제 자체는 바이러스를 사멸시키는 효과가 있다. 주로 5.3%의 차아염소산나트륨을 1대49의 비율로 물에 희석한 소독제는 바이러스의 단백질 구조를 분해해 감염력을 봉쇄하는 것이다. 다만, 비말(침방울)과 접촉을 통해 주로 전파되는 코로나19의 특성을 감안할 때 살포 범위가 불확실한 분사 방법은 바닥

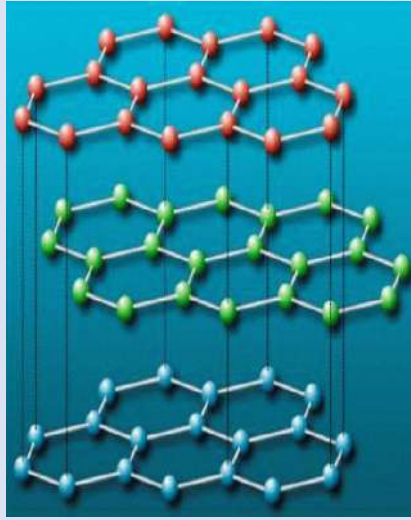
또는 표면에 쌓인 바이러스를 공기 중에 퍼뜨려 호흡기를 통한 바이러스 감염 위험을 높일 수 있다". 질병관리본부는 '바닥이나 표면은 분사가 아닌 소독제가 묻은 걸레나 천으로 반복적으로 닦기'를 권고하고 방역 작업 중에는 바닥이나 표면에 쌓인 바이러스를 공기 중에 퍼뜨리지 않을 것을 강조하였다. 코로나 바이러스는 <그림 1>과 같이 RNA를 감싸고 있는 바이러스성 표피로 구성되어 있다.

그림 1. 코로나 바이러스 구조 모식도²⁾

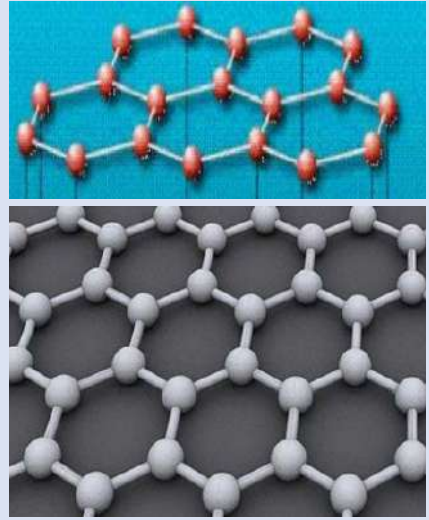


지난 10년간 2차원 물질인 그래핀(Graphene)은 우수한 전기적 특성(구리보다 100배 이상 높은 전기 전도)과 약제내성 박테리아 전염(drug-resistant-bacterial infections)을 감지하는 활용 가능성에 많은 주목을 받아 왔다. 아래 그림과 같이 그래핀은 탄소 원자로 만들어진 2차원 물질로 벌집 모양의 구조로 되어 있으며 단층의 그래핀은 $3 \times 10^{-10}m$ 의 매우 얇은 반금속성 물질로 연필심으로 사용되는 흑연은 탄소들이 육각 모양의 벌집 구조를 이루는 2차원 구조의 판들이 층층이 쌓인 3차원 결합구조의 형태이며, 이 한 층의 2차원 탄소결합 판을 떼어낸 것이 그래핀이다.

생체분자가 그래핀 표면과 접촉하면 그래핀의 전기적 특성이 변하므로 센서 기능을 할 수 있다. 또한, 빛과 강한 상호작용으로 그래핀 한 개의 층이 가시광선의 2.3%를 흡수하여 열을 발생시키고 살균작용을 한다고 알려져



흑연 구조




그래핀 구조

있다. 그래핀 표면에 분포하는 산소는 단백질, 효소, 핵산 등과 흡착 등의 작용을 촉진한다. 해외(이탈리아) 연구결과³⁾에 따르면 박테리아가 접촉한 그래핀 표면은 온전함(integrity)을 잃기 때문에 그래핀의 전기적 특성 변화를 감지하면 바이러스 오염을 예측할 수 있다.

코로나 바이러스는 최소 48시간 동안은 생존하기 때문에 시민의 일상에 큰 위협이 되고 있다. 미국 ○○社에서는 그래핀을 함유한 페인트와 코팅제를 쇼핑몰, 지하철 역사, 공항 등의 벽과 표면 등에 바르면 7년에서 10년간 항바이러스 환경을 제공해 주는 제품을 개발하였다.⁴⁾ US CDC(Centers for Disease Control and Prevention)는 ‘바이러스가 묻어 있는 물체’를 만진 손으로 입과 코 등을 만져서 감염되는 사례가 많다는 통계 결과를 발표한 바 있다. ○○社는 도포된 표면에 접촉된 박테리아 세포의 신진대사와 세포분열을 막아 바이러스가 사라진다고 발표하였다. 또한, 2020년 3분기에는 제품의 상용화를 목표로 하고 있다.

캐나다 토론토에 위치한 그래핀 제조회사에서는 세계적 유행 감염병인 코로나 바이러스에 대응할 다국적 협력팀을 구성하였다.⁵⁾ 연구팀은 개발된 그래핀 잉크

(Graphene ink)가 초기 코로나 바이러스 균주를 죽이는데 효과적이었다며 실험을 입증하였다. 또한, SARS-CoV-2(COVID-19 원인 바이러스)를 제거하는 실험이 생물안전 3등급 연구시설⁶⁾에서 실시될 예정이다. 현재 N95 마스크는 바이러스를 차단할 수는 있지만 개발된 그래핀 잉크는 바이러스 박멸제가 될 수 있는지 보여줄 것이라고 개발팀장은 전하였다.

마지막으로 이태리 V. Palmieri 교수는 그래핀의 항 바이러스 효능이 입증된 경우에도 COVID-19 치료에 바로 사용되는 것은 시기상조일 수 있으며 재료의 함량, 노출경로 등에 따라 유해성이 발생할 수 있다고 하였다. 

- 1) 연합뉴스 '팩트체크'(2020. 3)
- 2) 출처: V. Palmieri "Can graphene take part in the fight against COVID-19" nano today Vol.33(2020)
- 3) V. Palmieri et al, "The graphene oxide contradictory effects against human pathogens", Nanotechnology 28(2017)
- 4) "Graphene Coating News", the Magazine for 2D Carbon Graphene, issue No. 20(2020)
- 5) 출처: <https://www.mining.com/graphene-ink-may-be-used-to-fight-novel-coronavirus/>
- 6) 표준 개인 보호장비 착용과 호흡 보호구 필요/ 작업복 필요, 미생물 작업은 적절한 생물안전작업대에서 수행/ 출구 근처에서 핸드프리 싱크대와 눈 세척 도구 이용/ 청정 구역에서 오염 가능성이 있는 구역으로 실험실로 공기를 흡입/ 자동 폐쇄식 잠금되어 장치

34개 대학과 함께 창업붐을 이끄는 신기술접수소

이성호 / 서울기술연구원 수석연구원



창업기업의 발전을 위한 첫걸음

신기술접수소는 창업기업을 돕기 위한 새로운 사업으로 지난 4월부터 캠퍼스타운 기술매칭 사업을 운영하고 있다. 캠퍼스타운은 서울시가 대학 주변 상권 활성화와 대학 중심 창업붐을 목적으로 하는 사업으로 '20년 고려대, 연세대, 서울대, 한양대 등 34개 대학이 참여하고 있으며 170여 개의 창업기업이 입주해 있다. 캠퍼스타운

기술매칭사업은 34개 대학이 가지고 있는 풍부한 연구·기술 인프라와 캠퍼스타운 내 기업 및 서울 소재 중소·벤처기업의 기술 수요를 연결해 연구 지원하는 사업이다. 이를 통해 기술역량이 부족해 사업화에 어려움을 겪고 있는 창업기업들뿐만 아니라 4차 산업혁명 시대에 새로운 기술과의 기술 융합을 원하나 연구역량이 부족한 중소기업에게 실질적인 도움을 주리라 기대된다.

기술매칭 인프라 구축을 위해 연구원은 34개 캠퍼스타운 대학 중 21개 대학, 600여 명의 연구진 DB를 구축했으며, 추후 이를 지속적으로 확대할 예정이다. 기술애로, 창업아이디어 기술구현, 기술개선·융합과 관련하여 어려움을 겪는 기업의 기술수요를 4월 20일부터는 신기술접수소를 통해 접수하고 있다. 6월부터는 접수된 과제를 대상으로 최적 기술을 보유한 기술 전문가를 매칭 후 기술컨설팅 또는 연구과제 평가를 통해 연구를 지원할 예정이다.

이번 캠퍼스타운 기술매칭사업을 통해 창업 및 중소·벤처기업의 기술사업화에 필요한 R&D 핵심기술 및 연구비를 지원할 수 있는 체계를 마련하게 되었으며, 향후 실증사업과의 연계를 통해 기술사업화 전과정을 지원함으로써 서울시 기술창업가속화 및 혁신기술 발전에 기여할 수 있으리라 기대된다. **SIT**

캠퍼스타운 기술매칭사업

중소·벤처 창업기업의 기술개발 어려움을 대학 교수, 연구원 등 전문가들이 해결해 드립니다.

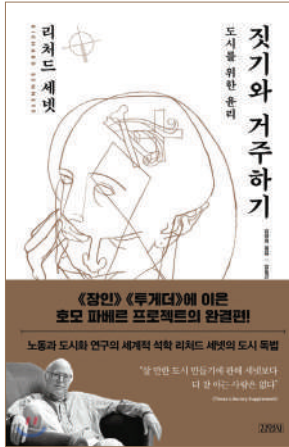
기술요청 → 기술매칭 → 최적기술 제공

서울기술연구원 신기술접수소

기술컨설팅, R&D

창업아이디어 기술구현, 기존 제품 신기술(IoT, AI 등) 융합을 원하는 기업에게
전문가를 매칭하여 기술컨설팅 및 연구개발 지원

	기술컨설팅	기술연구개발 (R&D)
지원·비용	기술애로지원 기술컨설팅	창업아이디어 기술구현 R&D / 기술개선, 기술융합 R&D
지원대상	캠퍼스타운 기업	캠퍼스타운 기업, 서울 소재 중소·벤처·창업기업
지원규모	-	연당 1억원 이하 (기업부담 추가 매칭 가능)
수행기간	3개월 이내	1년 이내
신청방법	신기술접수소(www.seoul-tech.com) 온라인 접수 (캠퍼스타운 기업은 캠퍼스타운 홈페이지 4번탭에서 접수 가능) 20년 4월 20일부터 접수 가능 ※ 예선 소진 시(까지) 상시접수	
문의처	서울기술연구원 기술혁신센터(02-6912-0941, inno@tech@sit.re.kr)	

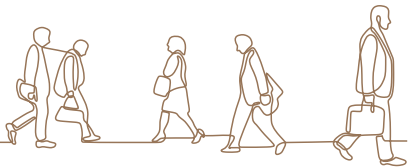


저자: 리처드 세넷
출판사: 김영사
출판일: 2020. 01. 03.

세계의 많은 도시에선 일자리, 주거, 안전, 계층 갈등을 비롯한 다양한 문제들이 발생하고 있다. 그렇다면 도시 자체가 문제인 것일까? 노동과 도시화 연구의 세계적 석학인 리처드 세넷이 이러한 문제점에 대해 깊이 들여다보며 도시의 현재와 미래에 대해 물음표를 던진다. 먼저 세넷은 도시에 대한 두 가지 개념을 설명한다. 바로 ‘열린 도시’와 ‘닫힌 도시’이다. 그는 물리적 장소를 가리키는 ‘빌’(ville)과 특정 공간에서 살아가는 인간의 정서와 행동이 담긴 ‘시테’(cite)의 개념을 이야기하면서 도시가 건설되는 방식(빌)과 인간이 살고 싶어 하는 방식(시테)은 불일치할 때가 많다고 말한다.

《짓기와 거주하기》는 도시가 인간에게 무엇이며 어떻게 제어되어야 하는지를 보다 넓게 검토하고 제안한다. 먼저 세넷이 설명한 닫힌 도시는 폐쇄적인 상류층 거주지처럼 건축적 분리가 사회적 불평등을 야기하는 공간이다. 반면, 그가 지향하는 열린 도시는 사람들이 서로의 다른 면모를 드러내고 받아들이며, 사회적 복잡성을 터득하고, 외부 위협에도 더 잘 회복되는 공간을 의미한다. 덧붙이자면 사람들은 서로의 차이를 인식할 뿐만 아니라 기후 위기 같은 단기적이면서도 장기적인 위협과 불확실성에 맞서 더 잘 회복될 수 있다는 의미이다.

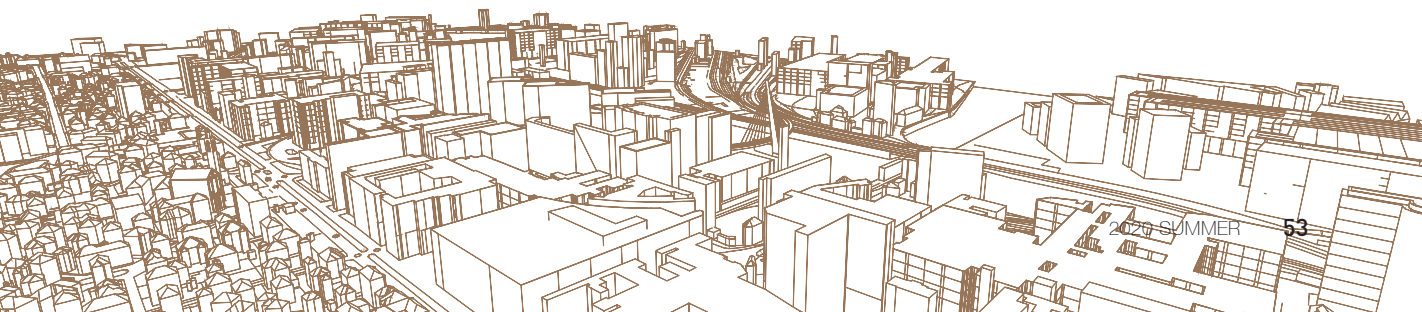
이 책은 모두가 잘 살 수 있는 도시를 만드는 방법을 서술하면서도 독자들에게 ‘도시’와 관련된 다양한 정보를 제공해 준다. 또한 정보화 시대를 맞이하면서 사회가 점차 발달하고 있는 만큼 우리가 살아가고 있는 도시도 정보화 시스템에 입각한 도시로 변화하고 있다는 점을 보여주고 있다. 이러한 맥락에서 《짓기와 거주하기》는 앞으로 어떤 도시에서 살아야 할지 그리고, 변화하는 시대 속에서 도시란 인간에게 무엇이고 어떻게 제어되어야 하는지에 대한 깊은 고민이 담겨 있다. [ST](#)



짓기와 거주하기

도시를 위한 윤리

삽의 현장,
‘도시’의 의미를 찾아서



SIT NEWS

2020. Summer Vol.06



서울기술연구원, 서울시평생교육진흥원과 MOU 맞손



서울기술연구원에서는 지난 6월 9일 서울시평생교육진흥원과 과학기술분야 시민 평생교육을 위한 MOU를 체결했다. 이번 MOU 협약서에는 과학기술분야 시민 평생교육 지원, 평생교육 프로그램 개발과 운영 관련된 업무지원 및 협조 등에 대한 내용이 담겼다. 서울기술연구원과 서울특별시평생교육진흥원은 SeTTA연구과제로 “미래융합형 인재개발을 위한 시민대학 교육과정 개발”을 통해 지자체 최초로 개설된 명예시민학위과정 중 시민석사과정으로 6개

분야의 교육과정을 개발했으며 서울시 투자출연기관이 운영 중인 시설을 연계한 현장·실습교육 및 연계활동 등의 방안을 추진할 계획이다.

서울기술연구원, 중앙대와 기술컨설팅 및 연구개발 위한 협력 MOU 체결



서울기술연구원에서는 지난 4월 28일 본원에서 중앙대학교와 지역 상권의 경제활성화를 위해 청년 벤처창업의 지원 협력 MOU를 체결했다. 이번 MOU 협약서에는 기관간 창업 중소 벤처기업 기술사업화를 위한 기술자문 및 연구지원, 장비, 시설 및 공간의 공동 활용, 도시문제 해결 및 혁신기술 발전을 위한 공동연구 발굴 및 수행 등의 교류에 대한 내용이 담겼다. 서울기술연구원은 중앙대학교에 스마트 시티학과가 개설(20년 3월)됨에 따라 다양한 연구

사업을 공동으로 수행하고, 연구원의 신기술접수소에 제안하는 중소기업의 기술 애로사항에 대한 기술컨설팅도 함께 협력해 나갈 계획이다.



서울기술연구원, 기술공모로 뽑은 우수기술 시상



서울기술연구원에서는 지난 4월 28일 본원에서 서울시 도시문제 해결을 위한 클라우드소싱 기술공모 시상식을 개최하였다. 연구원에서는 2019년 9월부터 12월까지 3개월동안 도시문제 해결을 위한 기술제안 접수를 받았으며, 2020년 1~2월 동안 기술타당성 조사, 서면심사, 발표 심사를 거쳐 최종 해결책을 제시한 적정기술을 선정하였다.

도전과제 중 한강교량 상 자살시도자의 투신방지를 위한 물리적이고 안전한 시설 또는 기술에는 “추락 방지 및 투신자살 방어 회전체 시스템(Rollinder System), 시스템코리아(주)”이 선정 되었다. 터널 등 지하도로 내 위치추적 기술 관련해서는 “GPS신호 생성을 통한 GPS음영 지역 해결, 한국뉴욕주립대”가 우수기술로 선정되었다. 수상자에게는 각각 상금 3천만 원이 지급되었다. 고인석 원장은 “선정된 두 가지 우수 기술이 추후 실증과 실효성 검토를 거쳐 보다 나은 시민의 삶에 기여할 수 있기를 기대한다”고 수상자들에게 축하인사를 전했다.

2020년도 2차 신규직원 임용식



서울기술연구원에서는 지난 5월 4일 14명의 신규 입사자 교육 및 임용식을 진행했다.

이날 연구원에서는 기관과 현업에 대한 이해를 돕기 위해 조직이해, 회계 및 예산 등의 교육을 실시했다. 앞으로 도시문제 해결과 지속가능한 미래를 위해 함께 앞장서며 서울의 미래를 기약할 신입직원들에 힘찬 응원과 격려를 보낸다. [SIT](#)

