

2020. Spring Vol.05

# 서울기술 연구

기획특집

복합재난과 복원력 향상



# CONTENTS

2020. Spring Vol.05



## 4 기획특집

우리 사회의 고도화와 재난의 복합화  
도시화, 재난 그리고 회복력  
도시 발생 재난에 대비한 새로운 접근의 재해저감기술

## 20 기술 풍향계

인공지능, 믿을 수 있는가?  
첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술  
안전사각지대 해소를 위한 노후 소규모 건축물의 안전·유지관리 방향  
스마트 시티와 대기질 센서 측정  
기상 악천후에서 안전하게 주행하는 지원 기술

## 45 신기술 시대

제3종시설물 도입과 운영관리 특성  
글로벌 수준의 기술력을 인정받고 있는 세계의 수리실험실  
우리 집 기상관측 시스템, 'TEMPEST'  
웨어러블 웰니스 기술 진화 방향  
혁신을 이루는 신기술접수소

## 56 Road&人

## 58 일상과 기술

## 59 SIT NEWS

## 서울기술연구

발행일 2020년 4월 6일

발행인 고인석

발행처 서울기술연구원

주소 (03909) 서울시 마포구 매봉산로 37(삼암동)

DMC산학협력연구센터 8층

전화 02-6912-0900

홈페이지 [www.sit.re.kr](http://www.sit.re.kr)

편집위원장 김미령

편집위원 박기문, 이재환, 윤광원, 정중호

조가영, 신인재, 최우석

편집간사 송지현

디자인·제작 ㈜KS센세이션 02-761-0031

Special Edition

# 복합재난과 복원력 향상



**01**

## 우리 사회의 고도화와 재난의 복합화

박승주 행정안전부 재난경감과 사무관

**02**

## 도시화, 재난 그리고 회복력

도명식 한밭대학교 도시공학과 교수

**03**

## 도시 발생 재난에 대비한 새로운 접근의 재해저감기술

백용 한국건설기술연구원 복합재난대응센터 센터장

# 우리사회의 고도화와 재난의 복합화

박승주 / 행정안전부 재난경감과 사무관

우리 사회는 도시를 중심으로 교류가 활성화되고 인구가 집약적으로 발전하기 때문에 대형 복합재난으로의 확대 및 발생 가능성이 높아지고 있다. 최근 발생한 코로나19 감염병 확산과 같은 도시 변화에 따른 복합재난 관리를 위한 국내외의 다양한 사례를 통해 앞으로 복합재난에 대비하는 올바른 방법에 대해 살펴보고자 한다.





## 1. 도시 변화에 따른 복합재난

2019년 12월 중국 우한에서 최초 발생한 코로나19 바이러스는 우리나라는 물론 가까운 일본, 동남아, 유럽, 미국 그리고 중동 등 세계 곳곳을 뒤흔들고 있다. 특히 2015년 메르스의 혹독한 경험이 있는 한국은 코로나19 바이러스의 초기 확산이 비록 중국과 가까운 곳에 위치하고 있음에도 불구하고, 그 확산 속도가 낮아 주변국을 포함한 각 나라에서는 한국 방역시스템에 대한 많은 찬사와 관심을 내보였다. 그러나 2월 중순 특정 종교를 중심으로 코로나19 확진자가 나온 이후 특정 지역의 확진자가 급속히 증가하였고, 현재 정부와 관계 전문가는 여러 가지 특단의 대책을 쏟아내며 바이러스 확산 저지를 위해 온 국민이 노력을 기울이고 있다.

바이러스의 확산이 가속화된 데에는 여러 가지 이유가 있을 수 있겠지만, 현대 사회의 특징상 바이러스의 확산은 불가피한 상황이다. 과거와 달리 현대사회는 개인의 취미, 문화생활, 생활권의 확장 등으로 인해 과거보다는 쉽게 지역사회 전파가능성이 일어날 수 있고, 이는 전혀 예측하지 못한 재난으로 확대되고 있다. 따라서, 지금도 코로나19에 대해 정부와 관계 전문가는 이 점에 초점을 맞춰서 집중적인 방역대책을 만들어 내고 있고 이를 겪고 있는 우리는 언제 끝날지 모르는 이 싸움을 위해 서로가 서로에게 거리를 두고 있는 것이다.

이렇게 우리 사회의 교류가 활성화되고 도시를 중심으로 인구가 집약적으로 발전할 때 오히려 재난은 복합적으로 확대될 수 있는 양상을 가질 수밖에 없다. 사실 이번에 발생한 코로나19가 왕래가 전혀 없는 중국의 일부 섬에서 발생했다고 한다면 감염병의 확산으로 전 세계의 2차, 3차 인명 피해와 함께 사회적, 경제적으로 마비시키는 대규모 피해는 없었을 것이다.

## 2. 복합재난에 대한 논의와 대책

복합재난의 일종인 기술재난(Natech, Natural hazard triggering technological disaster)에 대한 연구는 유럽, 미국 등을 중심으로 처음 시작되었다. 국내의 경우에는 2003년 이후 일부 교수에 의해 시작되었으나 그 연구 결과가 정부정책에 활용할 만큼 성과가 만들어졌다고 하기엔 부족한 수준이다. 복합재난에 대한 본격적인 논의와 대책이 필요하다고 인정된 것은 2011년 3월 발생한 동일본 대지진이다. 동일본 대지진은 단순한 자연재난으로 멈출 수 있었던 재난이 원자력발전소와 결합되며 전혀 다른 새로운 유형의 사회재난을 만들어낸 것이다. 동일본 대지진 사건을 계기로 전 세계적으로 원자력을 중심으로 한 국가기반시설의 사고와 자연재해가 결합되는 형태의 복합재난에 대해 관심을 갖기 시작했고 국내에서도 이에 대한 대책을 마련코자 다양한 방법을 시도하고 있다.

현대 사회는 인구 구조의 변화, 환경적 변화, 과학기술의 발전, 사회경제의 고도화 등으로 인해 재난 발생 시 다양한 요인과 결합되어 복합재난으로 발전된다. 농경시대와 같은 노동 집약적 산업구조는 국토의 인구분포를 균등하게 분포시키는 반면, 고부가가치 산업구조에서는 특정지역에 인구를 밀집시키는 효과를 나타내고 그 특정지역에 발생하는 재난은 대규모 참사로 이어질 수 있다. 또한 인구 연령상의 변화에 있어서도 기대수명이 점차 증가함에 따라 고령화가 급속도로 진행되고 있으며 이는 감염병과 같은 사회재난 발생 시 상당히 취약한 사회구조를 반증한다. 현재 발생하는 코로나19에서도 보듯이 이탈리아의 경우 의료 등 다양한 분야가 선진국 대열에 포함되어 있으나 사망자 통계가 어느 다른 나라 보다 높은 이유는 인구고령화에 따른 고령인구의 감염 때문으로 여겨지고 있다. 이와 더불어 지구환경 변화에 따른

지구온난화는 과거보다 더 큰 규모의 자연재난을 발생시키고 있으며, 빈도 역시 증가하고 있는 추세이다.

2005년 8월 미국 남동부에서 발생한 허리케인 카트리나가 그 대표적인 사례이다. 허리케인 카트리나로 인해 사망자는 1,299명, 이재민은 약 250만 세대, 실종자는 2,500명 이상으로 집계되었다. 이처럼 허리케인 카트리나는 비록 자연재난으로 시작되었으나 1차 피해로 도시기반시설이 파괴되었고 이로 인한 2차 피해로 증폭되었다는 점에서 복합재난에 심각성을 잘 나타낸다.

미국 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency)은 국가준비목표(National Preparedness Goal, NPG)를 개정하였고, 포스트 카트리나 개혁법(the Post-Katrina Emergency Reform Act)을 제정하여 미국의 재난대응시스템을 전반적으로 개선하였다. 주요 개정 내용은 국가적

우선 추진사항, 카트리나 재해교훈의 반영, 향후 반영사항 등으로 구분되며 주요 내용은 아래와 같다.

허리케인 카트리나는 국가기반시설을 파괴함으로써 필요한 공공서비스가 제때 공급되지 못하고 중단됨으로써 2차, 3차 피해 결과를 가져온 복합재난이다. 특히 동일본 대지진은 1차적인 원인으로 지진과 2차 재난인 쓰나미를 유발하였고, 이로 인해 3차 재난인 원자력발전소의 방사능 누출까지 이어진 재난이다. 동일본 대지진은 2011년 3월 11일 규모 9.0 지진이 동일본 미야기현 센다이 동쪽 179km 지점에서 발생하였는데 이로 인해 높이 8.5m의 쓰나미가 발생하였고 이로 인해 후쿠시마현 소재의 원자력발전소의 전기공급이 중단되는 사태가 발생하였다.

동일본 대지진으로 인해 사망자가 15,848명, 실종자 3,305명, 부상자 6,013명에 달하고 피난자는 71,124명으로 집계되었다. 또한 후쿠시마 원전사고로 대량의 방사능물질이 포함된 오염수가 바다로

| 개정 사항          | 개정 내용  |
|----------------|--|
| 국가적 우선 추진 사항   | EOP(피난소 개설운영, 식료품자의 조달 등 비상행동절차서)와 시민방호역량의 강화를 국가적 우선 추진사항에 추가                                 |
| All-Hazards 강조 | 테러를 포함한 모든 위기의 포함을 강조  |
| 카트리나 재해교훈 반영   | 환경위생, 사체관리, 시민방호, 공중안전 경비대응, 현지위기관리, 재난관리센터 관리, 도시수색구조와 관련된 역량에 관해 허리케인 카트리나에 의한 재해교훈을 반영      |
| 재해교훈 향후반영      | 피해자 보호, 단기복구, 중요 물자수송, 자원봉사, 기부관리, 시민준비대책과 참가, 수난구조와 관련된 역량에 관해서도 상세하게 카트리나에 의한 교훈을 반영해 나가도록 함 |

출처: 한국소방산업기술원(선진 재난관리체계 사례연구를 통한 한국형 재난관리체계 선진화 방안 기획연구, 2012)



침수된 뉴올리언즈 지역 및 오일저장탱크 침수 및 누출(출처: Vox, Propublica)



동일본 대지진 피해사진 및 원전사고(출처: yahoo japan 등)

유출되어, 우리나라뿐만 아니라 전 세계 해양자원 오염에도 막대한 영향을 미치고 있고, 경제적 피해도 최소 16조엔에서 25조엔으로 추정하고 있다.

일본 정부는 동일본 대지진 이후 재난대응의 효율성 강화를 위해 중앙-지방 간 수직적 협력 외에 수평적 협력의 필요성이 제기되었다. 특히 동일본 대지진처럼 대규모 복합재난 발생 시에는 오히려 광역 및 중앙정부의 대응이 늦어져 더 큰 피해를 초래하게 되었다. 따라서 수평적 협업체계 강화를 위한 기초-광역 지자체 간 파트너십, 민관과의 수평적 협업체계 등을 구축해 나가고 있다.

### 3. 국내의 복합재난 사례

국내의 복합재난 사례로는 2002년 루사, 2003년 매미, 2011년 집중호우 등을 들 수 있다. 이 중 2002년 발생한 태풍 루사는 우리나라 강우 관측 사상 일 최대 강우량을 기록하였고, 사망자 209명, 부상자 75명, 실종 37명, 이재민 3만 1,280명의 인명피해를 발생시켰다. 태풍 루사는 이러한 인명피해뿐만 아니라 각종 공공시설물, 사유시설물 등의 파손 및

유실을 초래하였고, 특히 교통, 통신, 전기, 상수도 등 국가기반시설을 파손하여 피해지역 주민들의 고립되어 예기치 않은 피해를 발생시켰다. 또한 2003년 발생한 매미는 사망 119명, 부상 376명, 실종 12명, 이재민 6만 1,884명의 인명피해를 발생시켰고, 고압선 단선으로 인한 정전, 파랑으로 인한 방파제 파손, 농경지·항만·어항 피해가 두드러졌다. 총 재산 피해는 루사가 5조 1,479억 원, 매미가 4조 2,224억 원으로 루사가 좀 더 높았으나 인명 피해 및 이재민 발생은 매미가 더욱 컸음을 알 수 있다. 특히 매미는 강풍으로 인한 정전피해가 주로 나타나는데 피해 가구만 147만호에 달하였으며, 정전으로 인한 식수공급문제, 통신선로 단선으로 외부와의 연락망이 끊어져 일시적 혼란을 야기하였다.

국내에서는 재난의 발생과 전개과정 및 영향에 따라 복합재난은 연쇄적 또는 동시다발적으로 발생하며 상호작용하는 재난유형으로 볼 수 있으며 3가지 유형으로 구분하였다(남기훈, 베이지안 네트워크를 이용한 복합재난 위험성 평가에 관한 연구, 2014년).



태풍 루사(출처: 중앙일보)



태풍 매미(출처: 나무위키)



우면산 산사태(출처: 연합뉴스)

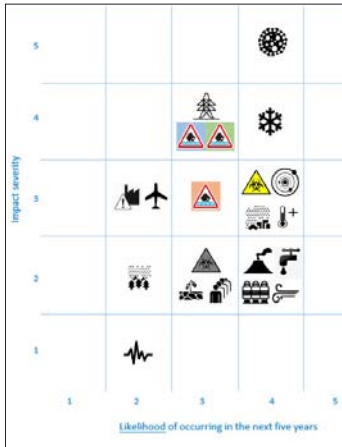
- ① **동시다발적 유형(병렬구조):** 하나의 재난 요인에 의해 2차 재난이 동시에 여러 재난으로 발생하는 유형
- ② **연속적인 유형(순차구조):** 하나의 재난 요인으로 2차 재난이 유발되고, 2차 재난에 의해 3차 재난이 유발되는 등 재난이 시계열적 속성을 가지고 연속적으로 발생하는 유형
- ③ **복합적 유형(순차-병렬구조):** 하나의 재난 요인으로 앞의 두 가지 유형인 동시다발적 유형과 연속적 유형이 결합되어 발생하는 유형

**4. 복합재난에 대한 올바른 대처법**

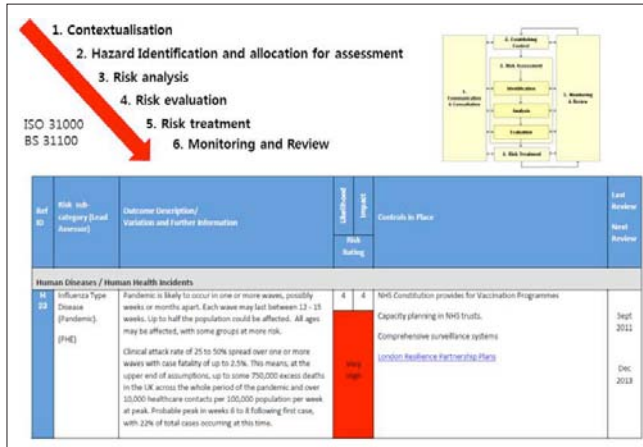
복합재난을 관리하기 위해 해외 각 국에서는 국가위험성평가(National Risk Assessment)를

도입하여 가까운 미래에 국가에 다가올 위험요소를 평가하고, 이를 지역단위 혹은 국가단위의 위험목록을 만들어 별도로 관리하고 있다. 이는 발생할 수 있는 위험과 가능성을 예측하고 위험들의 비교를 통해 우선순위를 정한다. 또한 위험이 확산되거나 타 재난으로 연계될 수 있는 가능성을 고려하여 위험에 대한 통합적 사고를 유도한다.

아직은 국내에 국가위험성 평가 제도를 도입하지는 않았으나 최근 연이어 발생한 다양한 사회재난과 복합재난으로의 발전·연계성을 고려할 때 반드시 도입되어야 하는 제도로 판단된다. 다만, 국가위험성 제도를 운영하기 위해서는 지역별로 발생 가능한 위험요인에 대한 사전조사가 필요하고, 위험에 대한 진단·평가를 시행할 수 있는 자료와 틀 등의 개발이 우선으로 시행되어야 할 것이다. 또한 위험 목록을 국민에게 투명하게 공개함으로써 국민과 함께 위험을 대비하는 체계 마련도 함께 갖춰가야 할 것이다. [sif](#)



영국 NRA결과(2017)  
출처: Cabinet Office(National Risk Register of Civil Emergencies)



영국 위험등록 과정과 목록예시(런던)  
출처: London Resilience Partnership(2014)

# 도시화, 재난 그리고 회복력

도명식 / 한밭대학교 도시공학과 교수

최근 도시화율이 90% 이상을 넘어서면서 사회기반시설의 관리와 도시지역의 재난관리에 대한 관심과 필요성이 증가하고 있다. 특히 4차 산업혁명 기술을 이용한 도시 규모의 재난 응용 사례와 도시 경쟁력을 갖추기 위한 스마트 기술의 필요성에 대해 진단하여 본다.



**1. 들어가기**

유엔(UN)에서 발표한 ‘도시화 전망보고서’에 따르면 2008년을 기점으로 지구상에 살고 있는 인구 가운데 절반 이상이 도시 지역에 살고 있으며, 우리나라의 경우에도 현재 도시화율이 90%를 넘고 있다.

더욱이 최근 기후 변화 등으로 인한 집중호우나, 태풍, 지진 등과 같은 자연재난뿐만 아니라 산업단지 내 가스 누출·폭발 사고, 방사능 누출사고 등의 크고 작은 사회·인적재난의 피해와 빈도가 점차 증가함에 따라 사회기반시설의 관리와 도시지역의 재난관리에 대한 관심과 필요성이 증가하고 있다. 최근 발생하는 자연재난과 사회재난의 특성이 도시화의 진전과 기후변화 등에 따라 대형화, 복합화 됨에 따라 재난의 발생을 신속하게 모니터링하고 효율적으로 대비할 수 있는 방안에 대해 고찰해 보기로 한다.

**2. 재난 피해 현황 및 국내외 실정**

2011년 3월 일본에서 발생한 규모 9.0 대지진과 쓰나미는 전 세계가 놀랄 정도의 대규모 재난이었으며 피해 규모(사망 15,876명)도 상당한 수준이었다. 재난발생 이후 전문가들은 대규모 피난과 구조 및 구급활동을 위해 긴급차량의

통행로가 확보되었어야 함에도 불구하고 도로 및 교량의 단절로 고립지역이 발생하여 구조 및 구급활동이 원활하게 이루어지지 못하여 피해를 키웠음을 강조하였다.

우리나라도 포항, 경주에서 2016년 이후 연속으로 발생한 지진으로 인하여 다수의 인명피해와 재산피해가 발생하였고 그로 인해 우리나라도 지진의 안전지대가 아니라는 것을 인식하게 되었다. 대표적인 도시지역의 침수피해 사례로는 2009년 7월 부산·경남일대의 집중호우로 인한 해운대구 센텀시티·송정동·민락동 침수 사례와 2011년 7월 집중호우로 인해 발생한 강남역 침수와 우면산 산사태 등이 있다. 2017년 7월 청주에서는 200년 빈도 확률 강우를 초과한 집중호우로 시간당 91.8mm이상이 집중되며 인명피해와 침수피해가 발생하기도 했다. 이렇듯 점점 재난의 규모가 대형화되고 복합적으로 발생하며 발생빈도가 증가하고 있으며 지진의 강도도 점점 커지고 있음을 알 수 있다.

자연재난 피해 및 복구 현황에 대한 주요 통계를 수록한 재해연보(행정안전부, 2018)에 따르면 2008년부터 2017년까지 최근 10년간 원인별 연도별 피해 현황은 아래의 표와 같다.

표 1. 최근 10년간 원인별·연도별 피해 현황(행정안전부, 2018)

| 자연재해<br>년도 | 호우        | 대설      | 풍랑     | 강풍     | 태풍        | 지진     | 합계<br>(백만원) |
|------------|-----------|---------|--------|--------|-----------|--------|-------------|
| 2008       | 61,706    | 3,867   | -      | 1,184  | 911       | -      | 67,668      |
| 2009       | 271,337   | 13,603  | 25,642 | 7,489  | -         | -      | 318,071     |
| 2010       | 185,354   | 67,987  | 7,215  | 179    | 176,888   | -      | 437,623     |
| 2011       | 506,993   | 46,101  | 287    | -      | 209,783   | -      | 763,164     |
| 2012       | 36,675    | 19,422  | -      | 25,492 | 957,850   | -      | 1,039,439   |
| 2013       | 153,358   | 11,000  | 43     | 904    | 1,639     | -      | 166,944     |
| 2014       | 138,655   | 31,611  | -      | 92     | 5,159     | -      | 175,517     |
| 2015       | 1,232     | 13,226  | 339    | 3,953  | 13,615    | -      | 32,365      |
| 2016       | 37,129    | 19,335  | 8,590  | -      | 221,886   | 11,401 | 298,341     |
| 2017       | 101,592   | 83      | 605    | -      | -         | 85,022 | 187,302     |
| 합계         | 1,494,031 | 226,235 | 42,721 | 39,293 | 1,587,731 | 96,423 | 3,486,434   |

<표 1>에서 피해액은 2017년도 환산가격으로 나타내었으며 자연재해에 대하여 대설, 풍랑, 강풍, 지진의 원인보다 호우, 태풍에 대한 피해현황이 더 높은 것을 확인할 수 있다.

「재난 및 안전관리기본법」 제3조에 재난을 ‘국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것’이라고 정의하고 있으며, 제26조에 ‘국가기반체계 보호를 위하여 계속적으로 관리할 필요가 있는 시설을 중요기반시설이라 정의하고 있다.

동법에서 자연재난은 태풍, 홍수, 호우(豪雨), 강풍, 풍랑, 해일(海溢), 대설, 한파, 낙뢰, 가뭄, 폭염, 지진, 황사(黃砂), 조류(藻類) 대발생, 조수(潮水), 화산활동, 소행성·유성체 등 자연우주물체의 추락·충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해이며, 사회재난은 화재·붕괴·폭발·교통사고·화생방사고·환경오염사고 등으로 인하여 발생하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해와 에너지·통신·교통·금융·의료·수도 등 국가기반체계의 마비, 감염병 또는 가축전염병의 확산, 미세먼지 등으로 인한 피해로 정의하고 있다.

한편 대부분 선진국의 경우 재난 발생 이후 시민의 안전을 위해 필요한 기반시설의 관리 및 운영에 많은 관심을 가지고 있다. 먼저, 미국은 국가 중요기반시설을 국가안보를 위한 필요 자산으로 인식하고 우선순위 파악을 통하여 보호 및 관리에 만전을 기하고 있다. 독일도 고장 또는 손실로 공공안전 또는 사회적 중요성에 대한 심각한 붕괴, 그리고 지속적인 공급체계에 결함을 초래할 수 있는 국가적으로 중요성이 있는 조직 또는 시설을 분류하여 관리하고 있다

국내의 경우 「2015 서울특별시 긴급구조 대응계획」에서는 서울특별시 차원 또는 자치구 차원의 지역단위 사회재난, 자연재난, 국가기반 시설에서 발생하는 인명피해에 대하여 재난의 대비

및 대응에 대한 규정과 절차를 준수하여 재난현장 지휘체계를 확립하고자 하였다(서울특별시, 2015).

재난발생 시 방재자원의 신속한 전달과 공유, 그로 인한 재난발생 시 도로의 기능을 위해 긴급교통로를 ‘긴급구조요원 및 대응자원들이 출입할 통로’로 정의한 바 있다. 하지만, 재난의 상황에 따라 즉흥적으로 지정하여 통제하고 운영하는 것으로 설정되어 긴급교통로 선정 기준과 근거는 과학적이지 못하다는 한계가 있다(정연식 외, 2015).

국내에서는 긴급교통로, 방재도로, 방재경로, 긴급수송로 등 다양한 정의로 연구가 진행되고 있으나 대부분 재난을 사전에 미리 파악하여 막는 것보다는 재난발생 시 재난현장에 긴급차량의 신속한 투입으로 물자를 전달하여 피해를 최소화하는 경로선정에 집중되어 있다. 지금까지 자연재난 및 사회재난 발생에 대비한 긴급차량의 투입과 시민의 대피를 위한 비상도로망의 선정 및 운영계획을 도시 규모를 대상으로 마련한 사례는 없었으며, 지진, 침수, 전염병 등 다양한 재난의 발생에 대비해 시뮬레이션을 통한 사전 대비책도 강구된 적이 없는 실정이다.

### 3.4차 산업혁명 기술을 이용한 도시 규모 재난 응용

이렇듯 선진국을 중심으로 기후온난화, 인구의 고령화, 환경의 보호, 자연재해 및 인재에 대한 대응, 도시 관리의 효율화 등 도시 경쟁력을 갖추기 위해 스마트 기술의 필요성에 대한 관심이 급증하고 있다. 이에 우리 정부도 ‘스마트 건설기술 육성을 통해 글로벌 건설시장 선도’라는 목표로 스마트 건설기술 로드맵을 제시하고 2025년에 스마트 건설기술 활용기반을 구축하고 2030년에는 건설 자동화 완성이라는 목표를 제시한 바 있다.

그림 1. 스마트 건설기술 핵심기술



출처: 국토교통부(2018), 건설 생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설기술 로드맵.

건설에 4차 산업혁명 관련 기술인 BIM, 드론, 로봇, IoT, 빅데이터, AI 등을 융합한 기술을 적극 도입하여 건설 산업을 새로운 성장의 축으로 삼고 동시에 도시의 문제를 해결하는 방안으로 활용하고자 한다. 구체적으로는 BIM기반 스마트설계(지형·지반 모델링 자동화), 건설기계 자동화 및 통합운영(관제), ICT기반 현장 안전 및 공정관리, IoT 센서 기반 시설물 모니터링 기술, 드론·로봇 시설물 진단, 디지털 트윈 기반 유지관리(시설물 정보통합, AI기반 최적 유지관리) 등 다양한 기술이 이에 해당한다.

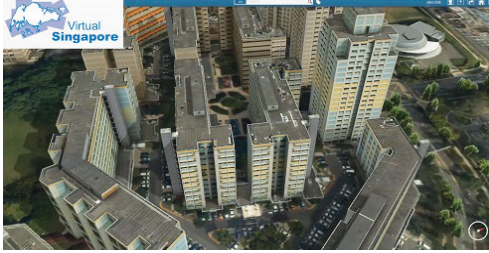
특히 드론을 활용한 시설물 점검과 IoT 센서로 실시간 모니터링 하여 건물의 기울기 및 각종 균열을 측정하여 건물의 안전을 진단하거나 AI 기술과 빅데이터의 축적으로 예방적 유지관리를 통하여 시설물의 노후화 및 위험요소 관리를 통한 기반시설의 수명 연장 기술은 시민의 안전한 정주여건 마련뿐만 아니라 재난을 미리 예방하는 효과도 기대할 수 있을 것이다.

그러나 스마트 건설기술의 경우 세종시의 국가 시범도시(5-1 생활권)와 부산의 에코델타시티 등

신도시 혹은 국지적인 사업을 대상으로 검토되고 있으며 도시 전역을 대상으로 하는 경우는 극히 드문 실정이다. 한편 싱가포르의 디지털 트윈을 활용한 Virtual Singapore 프로젝트의 경우 정부가 주도하여 다양한 글로벌 기업들과의 협업을 기반으로 도시 전체를 3D로 구현하여 디지털 트윈 플랫폼을 구현한 대표적인 사례에 해당한다.

이 프로젝트에서는 도시를 둘러싼 수위를 실시간 모니터링한 후 강수량에 따른 수위 변화 시뮬레이션을 시행하여 홍수 가능성의 사전 예측 및 위험에 대비한 시나리오 첨단기술을 활용하여 재난 상황에 대비하고 있으며, 실시간 교통 상황 및 특정 빌딩 내 공실률 파악 등 생활 밀착형 서비스도 제공하고 있다.

한편 빅데이터를 기반으로 도로 네트워크에서의 재난에 대응하고 있는 사례로는 항저우의 교통 시뮬레이션 ‘시티 브레인’ 프로젝트가 있다. 도로 위 버스·택시·차량·주차장 등에 인터넷으로 접속하여 교통량, 평균시속, 교통위반, 신호등, 톨게이트, 차량위치, 탑승 인원 수와 주차장 등 관련 실시간



3D 모델링 맵핑

출처: 다쓰시스템, <https://www.3ds.com/>



디지털 트윈을 활용한 시뮬레이션

데이터를 확보하고 자동으로 처리하는 교통민원 처리는 매일 약 3만 건으로 전체 교통 상황의 파악, 교통 사건 신고처리, 신호등 통제 및 관련 민원 처리 등에 활용되고 있으며, 동영상 분석과 도로 데이터 분석을 통해 110종류의 교통 이슈를 처리하고 있다.

그 외에도 기상과 돌발홍수예보 시스템 혹은 긴급수송도로의 지정과 운영을 통해 도시 규모의 재난 발생에 대비한 모니터링, 시스템 구축, 정보 제공, 대피(evacuation) 유도 등 첨단 기술을 이용하여 재난으로부터 안전한 도시 환경을 만들기 위한 노력은 해당 도시가 처한 상황에 맞게 계획되고 운영되고 있음을 알 수 있다.


도시 전역을 대상으로 한 최근의 국내 연구로 김정민(2020)은 대전광역시를 대상으로 한 연구에서 재난상황시 도로 및 교통 상태를 실시간으로 파악하기 어려운 단점을 보완하고 효율적인 정보제공을 위한 방안으로써 드론(UAV: Unmanned Aerial Vehicle) 활용 방안을 제시함으로써 긴급차량의 통행속도가 20km/h 이상 증가하고 통행시간도 15분 이상 단축됨을 밝혔다.

#### 4. 맺음말

우리 주변에서 발생하는 지진, 태풍 등 재난의 발생 자체를 막기는 어렵지만 재난의 발생 징후를 미리 모니터링하거나 발생 이후 신속한 대응과 정보

제공을 통해 재난의 강도를 감소하고 지속시간을 줄이는 기술은 많이 개발되어 있다.

특히 스마트 건설기술 혹은 스마트 시티 관련 첨단기술의 적극적인 활용은 도시화와 기후변화로 인해 도시 내외부에서 발생하는 대형화, 복합화되고 있는 재난에 대한 회복력(Hazard Resilience)을 강화해 줄 수 있을 것으로 기대되고 있다. 또한 다양한 잠재적 자연재난 및 사회재난에 대비한 대책 마련의 초기 단계부터 지방정부에서는 시민들의 적극적인 참여를 유도하고 공동체 의식을 갖기 위한 교육 및 기획의 제공에 노력해야 할 것이다.

즉 재난으로부터 안전한 도시환경 만들기의 성공은 4P(Public-Private-People Partnership)의 구조에서 알 수 있듯 시민 모두의 동참과 노력이 무엇보다 중요하다. 

#### ▣ 참고문헌

김정민(2020), 3차원 공간정보를 이용한 인공지능기반 비상도로망 선정과 관리방안, 한밭대학교 박사학위논문.  
 국토교통부(2018), 건설 생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설기술 로드맵  
 서울특별시(2015), 2015 서울특별시 긴급구조대응계획  
 정연식·이준·이해선·안혜린·박태욱(2015), "재난 유형별 및 도로 위계별 방재도로 선정 기준 연구", 한국교통연구원.  
 행정안전부(2018), 2017년 재해연보  
 다쓰시스템, <https://www.3ds.com/>

# 도시 발생 재난에 대비한 새로운 접근의 재해저감기술

백용 / 한국건설기술연구원 복합재난대응센터 센터장

도심지에서 발생한 재난에 대비한 새로운 접근의 재해저감기술이 개발되었다. 한국건설기술연구원을 중심으로 국가 정부 출연 연구기관들이 참여한 가운데 초고층과 복합시설에서의 인명 피해를 최소화시킬 수 있는 대응 기술을 마련하기 위해 '복합재난대응연구단'이 결성되었다.





## 서론

도심지에서 재난이 발생하면 대형 피해로 이어질 가능성이 높아지고 대책도 쉽지 않게 된다. 최근 도심지에서는 초고층 빌딩이 건설되고 있고, 도시 지하개발로 인하여 교통망은 지하로 건설되는 것이 추세이다. 이런 상황에서 재난에 대응한 기술도 새로이 개발되어 보급될 필요가 있으며 그 필요성에 따라 재해저감기술이 개발되었다.

한국건설기술연구원을 중심으로 한국지질자원연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국철도기술연구원 등 국가 정부 출연 연구기관들이 참여한 가운데 초고층과 복합시설에서의 재난 발생 시 인명피해를 최소화시킬 수 있는 대응 기술을 마련하기 위해 ‘복합재난대응연구단’이 결성되었다. 연구단은 초고층·복합시설 등의 재난·재해 피해 저감을 위한 ‘위험 요소 예측과 신속 복구 기술’과 ‘사이버 물리 시스템(Cyber-Physical System, CPS)을 활용한 신속하고 효과적인 재난·재해 대응 기술’ 개발을 목표로 진행되었다(참고 문헌 1).

4차 산업시대에 들어서면서 소위 ICBM이라 불리는 새로운 기술의 접근이 시도되었다. 본 연구에서도 새로이 등장한 CPS 개념을 도입하여 연구를 수행하였다. 국가가 관리하고 있는 자연재난과 인위재난은 총 19종을 관리하고 있으나, 본 연구에서 대상으로 하는 재난은 지진, 화재, 침수 세 가지를 선정하였다. 본고는 연구단을 수행하면서 얻은 연구 결과를 토대로 재작성된 것이다(참고 문헌 2, 3).

## 재난자료 수집

2019년 기준 우리나라는 중국, 미국, 아랍에미리트에 이어 세계 4위 초고층 건축물(높이 200 m 이상) 보유 국가다. 우리나라 초고층 건물에 지진이나 화재가 발생한다면 과연 재난 대응

시스템이 신속하게 작동할 것인가? 그 해답을 본 연구에서는 CPS를 활용한 재난대응기술개발로 목표를 설정하였다.

CPS는 사이버 세계와 물리 세계가 공학기술로 결합되어 있어 실시간으로 반응할 수 있는 시스템이다. 아직 여러 기술적 장벽이 존재하지만 재난 대응에 유용한 시스템으로 국내외 다양한 재난 분야에서 센서 기반 CPS를 구축하고 있다. 현재의 재난 대응은 제한된 정보만으로 이루어진다. 그러나 CPS를 통해 수많은 센서가 곳곳에서 정보를 수집, 분석할 수 있고 사람과 사람, 사람과 장치 간 통신할 수 있는 환경이 갖춰진다면 궁극적으로 재난관리자는 데이터와 과학적 분석에 기반하여 의사결정을 할 수 있게 된다.

CPS는 그 자체를 ‘현재 상태 파악과 제어를 위한 정보의 흐름’으로 표현할 수 있을 만큼 방대한 양의 정보가 수집되어야 하며 그만큼 다양한 종류의 센서가 사용된다. 본 연구에서는 재난 발생 시 상부 구조물에 비해 관심을 받지 못했던 지하공간의 ‘구조물기초 손상 모니터링 시스템’ 개발과 지하공간의 침수 상황을 파악할 수 있는 ‘IoT 수위계’를 개발하였다. 또한 활용도를 높이기 위해 시스템에 맞춰 시공 및 센서 배치, 운영 가이드 라인을 제공할 수 있도록 하였으며, 센서를 적재적소에 설치하여 안정적으로 운용할 수 있는 유무선 정보전송 시스템을 제작하였다.

건축물의 기초에 재난이 발생할 때를 가상하여 검토하였다. <그림 1>은 건축물 기초를 모식하여 재난대응감지기술을 적용한 사례이다. 일반적으로 기반암이 얇은 지역에서는 말뚝기초 없이 직접 기초만으로 구성되기도 한다. 큰 지진이 일어나거나 건물 주변에서 공동 발생, 지반침하 등이 발생하면 상황에 따라 구조물 기초에도 영향을 미칠 수 있다. 구조물 기초 손상 모니터링 시스템은 접근이

제한되어 관찰이 불가능한 영역에 센서를 설치하고 손상 발생 시 방출되는 신호를 감지함으로써 대략적인 위치와 위험 정도를 추정한다. 일본 고베 지진 후 피해조사 단계에서 상부 구조물 상태는 육안 관찰을 통해 손상 파악이 가능했지만, 교량, 건축물의 기초 건전도를 평가하는 데는 상당한 비용과 시간이 소요되었다. 구조물 기초 상태 모니터링 시스템은 이처럼 지반활동으로 피해를 입은 구조물의 재사용 여부를 결정하고자 할 때 어느 정도 손상을 입었는지 정량적으로 감지할 수 있다. 평상시에도 구조물의 손상을 모니터링하고 있으므로 안전감시자 역할을 하게 된다.

도심지 돌발 홍수가 발생할 경우나 예상치 못하게 건축물에 침수 현상이 발생할 때를 대비하여 대책 마련이 요구된다. 침수 분야 구성 체계는 복합시설 지하공간 침수 발생 모니터링 기술과 침수 예측 모델링, 침수방지시설 및 대피체계 매뉴얼을 개발하였다. 센서를 실내 벽면에 부착하여 빠른 유속에도 정확한 수위를 측정, 무선으로 통합 재난정보 플랫폼에 전송할 수 있는 IoT 수위계를 제작하였다<그림 2>. 그동안 파악하기 어려웠던 지하공간 수위정보가 수위계 설치로 제공되면 재난관리자는 현장 상황을 정확하게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 수많은 사례연구에 기반을 둔 분석 시스템에서 현 상황과 가장 유사한 시나리오를 제공받게 된다. 이를 이용하여 침수방지문과 같은 장치를 제때 필요한 위치에서 작동되도록 준비할 수 있으며, 동시에 재실자들에게 최적의 대피 경로를 제시할 수 있다.

**수집 자료 분석 및 해석**

다양한 복합 재난에 능동적 대응을 위한 정확한 재해감지, 신속한 분석, 신뢰도 높은 정보의 공유가 가능한 복합 재난 위험 분석 및 피해 예측 기술 확보가

그림 1. 구조물기초 형상 및 재난 시 기초 손상 위치 추정 결과

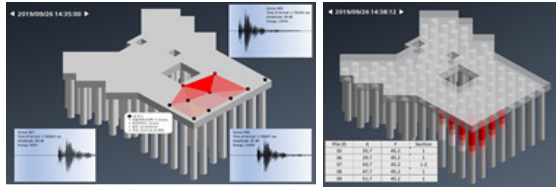


그림 2. IoT 수위계 및 현장설치 예시

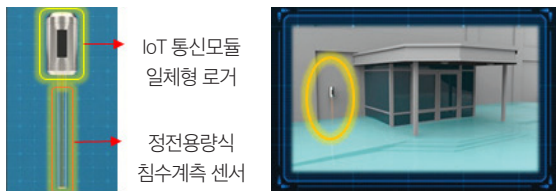
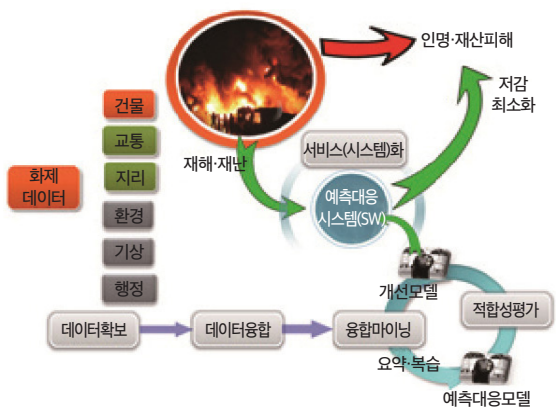
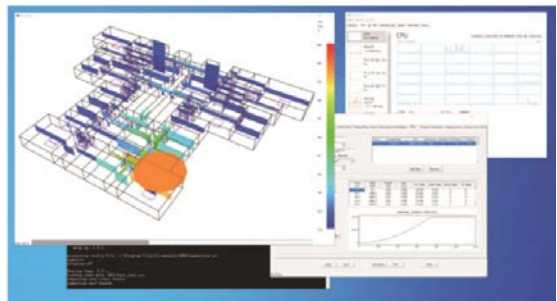


그림 3. 위험요소 및 피해 규모 예측시스템



화재위험도 평가 SW개발



연기확산 예측 시스템 개발

필요하다. 따라서 도심지 대형 시설물의 복합재난 수집 정보의 표준화, 재난유형별 위험도 평가, 분석 알고리즘 개발, 분석 DB 구축, 피해 예측 분석 기술(SW) 개발이 요구된다.

복합재난대응연구단의 재난 유형별 실험 데이터, IoT 계측 데이터를 포함하는 표준화 지침(v1.0)을 개발, 신뢰도 높은 한국형 초고층 복합시설의 복합재난 분석 예측 기술 확보 및 HPC 기반 연계 분석 지원 SW(HPC-WS v1.0)를 개발하였다. 화재정보와 관련하여 건축물 화재의 관련자들에게 화재대응 정보를 제공할 수 있는 위험요소 및 피해규모 예측 시스템을 개발하였다.

초고층 건축물의 재난 시나리오별 위험도 평가 및 관리시스템 개발을 통한 재난대응체계 구축을 위한 초고층 건축물 복합재난 시나리오 DB 및 SW(EDPASS)를 개발하였다. 초고층 건축물 및 복합시설의 지진, 침수, 화재 등의 재난 시나리오별

위험도 평가, 재난 시나리오 DB 구축, 구조물 상태 평가, 침수예측 기법 개발 등 복합재난에 유연하게 대응 가능한 분석 기술을 개발 및 확보하였다.

### 조기 대응과 복구방안

복합재난이 발생했을 경우 재난 대응 통합플랫폼과 연계하여 실시간 재난 모니터링과 지능예측에 기반한 신속대응 체계를 구축하여 인명과 시설물을 안전하게 보호하고자 한다. 우선 지진의 경우, 기초 지반의 지진동에 대하여 초고층 빌딩 연계 복합시설물의 지반 건축물 상호연계 관리 시스템이 필요하다. 상호연계 관리시스템이란 지진 발생 시, 초고층·지하복합시설 및 주변 지반에 설치된 다양한 계측기(지진가속도계, 지표변위계, 지하수위계 등)로부터 수집된 정보를 분석하여 시설물 내 거주하고 있는 인명을 대피시키고 시설물의 훼손 여부를 판단하는 시스템이다.



그림 4. 통합 재난정보 플랫폼 주요 기능 및 서비스



그림 5. 플랫폼 작동 예시(정보서비스 대시보드 및 S-SOP 작동)



화재 분야는 인명 피해를 최소화 하는데 직접적으로 연관되는 연기제어와 피난 효율성 개선이다. 방연설비, 피난자의 안전한 대피 경로를 확보하게 하는 대피통로 및 비상엘리베이터 대응 기술, 빌딩이나 지하시설 구조물의 붕괴를 방지하며 화재 진압 후 이를 신속하게 복구할 수 있는 기술이 개발되었다. 각 설비는 융합연구단의 중앙 제어 장치인 CPS와 실시간으로 양방향 통신하는 지능 제어체계로 구성된다.

마지막으로 침수 분야는 도심홍수 시 복합시설 지하공간의 침수방지를 위한 최적의 설계기법 및

침수 발생을 방지하거나 침입수의 흐름을 유도하는 구조물과 재실자의 대피 방안을 마련하는 것을 목표로 하여, 무선 침수 센서와 침수 방지문을 개발하였다.

**통합 재난정보 플랫폼**

재난재해 상황에 신속·정확하게 대응하기 위해 분산된 다양한 정보의 통합, 파편화된 시스템 간 연계, 정보-설비-사람을 유기적으로 연결하는 플랫폼 기술을 개발하였다. 상세 시설물 정보 + 실시간 센싱 정보 + 지역 정보 등 재난 대응에 필요한 다양한 재난

대응 정보의 유기적 연계·통합 및 현실 동기화를 실시하였고 의사결정 지원을 위한 3차원 공간정보 기반 직관적 재난정보 서비스를 제공할 수 있다. 범용적 연계 인터페이스를 통한 다양한 계측센서와 재난 대응 설비의 연동하고 SOP의 시스템화를 통한 시나리오 기반 시스템적(자동화) 재난에 대응할 수 있다.

통합재난정보 플랫폼 주요 기능은 다음과 같다.

### 1. 재난정보연계·통합 및 활용 기능

- 다양한 정보의 통합 및 센서-설비-시스템 연결 [인터페이스 모듈]
- 3차원 공간정보 기반 직관적 재난정보 서비스 및 CCTV 투망감시 [대시보드]
- 종류/규격/재질 등 부재 단위 시설물 상세 정보 기반, 스마트 시설물/설비 유지관리 및 공간별 화재 취약도, 연기확산 분석 등
- 빅데이터 기반 센서 상태 모니터링 및 실시간 비화재보 검지

### 2. 시스템적 재난 표준대응체계(System-SOP) 서비스

- 정보-설비-사람의 유기적 연동을 통한 적재적소 상황 제어
- 골든타임 내 실효적 대응이 가능한 시스템적 (자동화) 재난 대응
- 주거시설/상업시설/플랜트 등 다양한 현장의 특성을 반영한 맞춤형 SOP 구축을 위한 System-SOP Editor 기능

### 3. 재난 현장지원 및 유지관리 모바일 서비스

- 방재센터- 재난현장 간 실시간 소통 지원 → 단계별 임무/현장 상황 전달
- 현장설비- 데이터 객체 연동을 통한 시설물 정보조회 등 스마트 유지관리

### 맺음말

지금 코로나19로 인하여 전 세계가 공포와 두려움을 겪고 있다. 매번 나오는 이야기지만 정부의 재난 대응 컨트롤타워 역할에 대하여 갑론을박 논쟁이 끊이지 않는다. 초기 간단히 처리할 수 있는 일이라도 조금만 느슨하게 대응하므로 그 피해는 눈덩이처럼 번져나가고 있다. 재난 초기 단계에 적절히 대응하게 되면 쉽게 마무리 할 수 있지만 골든타임을 놓치게 되면 인재로 확대될 수밖에 없는 특수성을 가지고 있다.

지진, 화재, 홍수에 대하여 새로운 첨단기술로 재난대응플랫폼을 개발하였다. 그러나 아무리 좋은 대응 기술을 확보하였다고 하지만 정부 대응 전략과 국민들의 재난의식이 선진화되지 않으면 재난에 대한 피해는 늘어날 수밖에 없다.

재난은 언제 일어날지 모르고 얼마의 피해를 안겨줄지 아무도 모른다. 그러나, 자연적으로 발생하는 재난을 우리는 막을 수 없다. 그 피해를 최소화하기 위한 대응 전략과 기술을 수립하고 개발하여 아까운 인명과 재산 피해를 줄이는 것이 대책이다.

코로나 사태에서 보듯이 초기대응 실패로 인하여 막대한 노력과 불필요한 지원이 이루어지고 있다. 과거의 재난에서 교훈을 얻듯이 매번 만나는 재난에 대한 일례를 가벼이 여기지 말고 반면교사로 삼고 재난에 대응하였으면 한다. [st](#)

### ▣ 참고문헌

1. 국가과학기술연구회. 2016. 개방형 플랫폼 기반 초고층 복합시설 재난/재해 대응 통합 CPS구축 계획서.
2. 건설신문. 보도자료. 2019. 인명피해 최소화를 위한 초고층 복합 시설 재난재해 대응기술.
3. 국토, 2019, 도심지 주요 시설물 재해 저감을 위한 재난 대응 기술 개발, 제458호



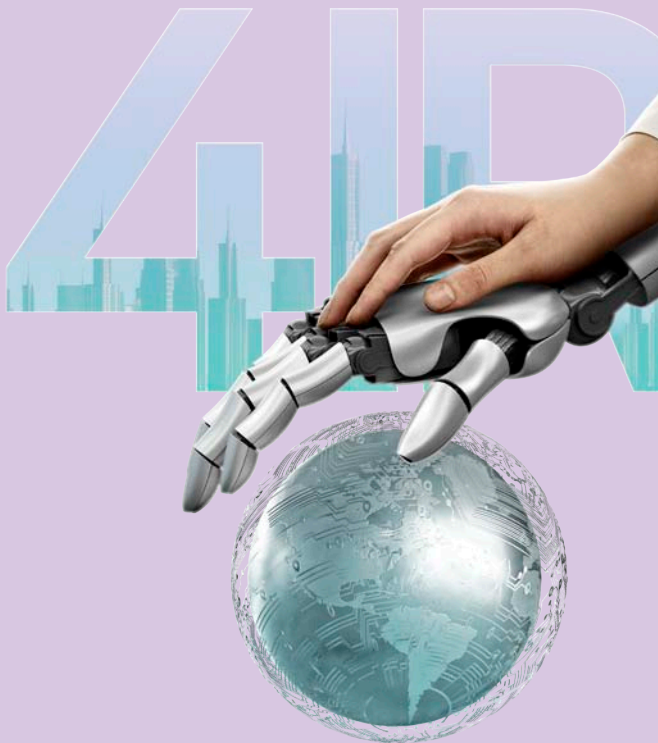
# 인공지능, 믿을 수 있는가?

임태형 / 한국정보통신기술협회 책임연구원

알파고가 이세돌을 이기자 인공지능이 인간의 지능을 뛰어 넘어서 인간을 지배하지 않을까 하는 우려를 낳았다.

하지만 인공지능에게 맡겨야 할 일과 인간이 할 일을 현명하게 구분한다면 인공지능은 결코 우리에게 해를 끼치지 않는다.

인공지능에 대한 믿음, 결국 인간의 의지에 달려 있기 때문이다.



## 인공지능, 인간을 넘어서다

이세돌이 알파고와 대결한 것이 2016년도 3월이니 벌써 오래전 이야기가 되어버린 것 같다. 그렇지만 전 세계의 이목이 집중되었던 사건인지라 대부분의 사람들이 여전히 생생하게 기억하고 있을 것이다. 인간 대 기계의 싸움에서 인간이 무참히 패배했고, 이는 우리에게 엄청난 충격을 안겨주었다.

시합 전 인터뷰에서 이세돌은 승부를 4대 1 혹은 5대 0으로 자신이 이길 것이라고 예측하였다. “자신이 없어요... 질 자신이”라는 유명한 어록을 남긴 이세돌 이기에 가능한 자신감 넘치는 예측이었을까? 그런데 당시만 해도 아직까지 바둑에서 컴퓨터 프로그램은 인간을 이길 수 없다는 의견이 팽배했었다. 그 이유는 제아무리 계산능력이 뛰어난 컴퓨터라고해도 무한대에 가까운 바둑의 수를 다 계산할 수 없다는 근거 있는 확신 때문이었다.

바둑은 장기나 체스에 비해 돌을 배치하는 장소가 압도적으로 많다. 바둑판의 가로와 세로에 각각 19줄 선이 그어져 있고, 이는 총 361개나 되는 교점을 만든다. 바둑돌을 배치하는 패턴을 계산해보면 대략  $10^{190}$  가지 이상이다<sup>1)</sup>. 더욱이 바둑의 승패는 흑과 백이 차지하는 각각의 면적으로 결정되므로 컴퓨터는 더욱 복잡한 상황을 계산해 내야만 한다. 실제로 바둑보다 단순한 체스나 장기에서는 컴퓨터가 인간을 이긴 적이 있었지만 바둑에서는 인간을 이긴 컴퓨터가 등장하지 않고 있었다. 이번에도 인간이 또 승리할 것이라는 낙관이 더 그럴 듯 해보였다. 그러나 결과는? 다 알다시피 인간의 패배였다. 우리는 인공지능이 인간을 뛰어넘는 순간을 다 같이 목격했다. 이세돌이 느낀 절망을 우리도 조금씩은 다 함께 느끼고 있었다. 영화처럼 기계가 인간을 지배하는 시대의 문이 조금씩 열리고 있는 것은 아닐까?

1) 단순 계산으로는  $(361! = 361 \times 360 \times 359 \times \dots \times 3 \times 2 \times 1)$ 로  $10^{98}$  보다 더 많은 경우의 수가 생기지만, 바둑 규칙의 제약으로 이보다 적은 경우의 수가 남는다.

## 혹시 인공지능이 뭐예요?

부처님은 우리가 스스로 부처라는 사실을 모르기 때문에 고통에 휩싸인다고 말씀하셨다. 즉, 무지에서 고통이 온다는 것이다. 우리는 인공지능을 얼마나 잘 알고 있을까? 우리가 인공지능에 대해 두려워한다는 것은 사실 인공지능을 잘 모르기 때문은 아닐까 싶다. 인공지능을 잘 알게 된다면 더 이상 두려워할 필요가 없다. 인공지능을 제대로 공부하거나 관심이 없는 대중들이 인공지능에 대해 잘 모르는 것은 당연하다. 그런데 인공지능을 전공한 사람들, 인공지능을 개발하는 사람들조차 인공지능을 잘 모른다고 하면 어떨까? 말도 안 되는 소리 같겠지만 어떻게 인공지능을 모르고 인공지능을 만들수 있느냐에 대한 내 대답은 '그럴 수도 있고, 아닐 수도 있다'이다. 썰렁한 말장난으로 들릴 수 있으나 내 이야기를 끝까지 듣는다면 더 오싹한 기분이 들지도 모르겠다.

사실 인공지능 전공자라고 할지라도 인공지능의 모든 종류에 대해 완벽히 이해하고 있는 것은 아니다. 인공지능 전공자들조차 수많은 인공지능 알고리즘들을 전부 이해하고 분류해 내는 것은 매우 버거운 일이고 도전적인 일이다. 그 이유는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫 번째는 인공지능이 의외로 오랜 역사를 가진 기술이며 현재에도 계속 진화 중이라는 점 때문이고, 두 번째 이유는 특정 인공지능 기술의 눈부신 성과가 오히려 인공지능 기술을 제대로 이해하는데 혼란을 일으키기 때문이다.

인공지능에 대해 이해하기 위해 타임머신을 타고, 인공지능의 초창기 시대로 잠시 시간 여행을 떠나보자. 인공지능이라는 용어가 처음 등장한 것은 1956년 미국 다트머스 대학에서 개최된 회의였다. '생각하는 기계'라는 생소한 아이디어에 흥미를 느낀 세계적인 수학자, 과학자들인 존 매카시, 마빈 민스키, 너대니얼 로체스터, 클로드 새넨 등으로부터 시작된 논의가 확산되어 세계의 유명 과학자 수십 명이 모이게 된 것이다. 다트머스 회의 이후 매사추세츠 공과대학교와 카네기멜론 대학교에 '인공 지능 연구소'가 세워졌고, 사람처럼 생각하는 기계가

금방이라도 세상에 나올 것만 같았다. 정부와 기업들이 인공지능에 대규모 투자를 시작했다.

1970년대까지 많은 과학자가 연구에 뛰어들었지만 결과는 처참했다. 인공지능은 한계에 다다른 듯 보였고, 열정적이던 사람들도 점점 회의적으로 변했다. 인공지능의 첫 번째 물결이라고 할 수 있는 이 시기의 주류는 기호주의 인공지능이었다. 기호주의란 수학적 기호들을 사용하여 인공지능에 필요한 추론 능력을 기술하고 형식화한다는 의미이다. 기호주의 인공지능의 핵심은 그들이 추구한 논리 형식에 있다. 기호주의 인공지능에서는 '연역법을 따르는 생각하는 기계를 만들고자 했다.

"모든 사람은 죽는다. 소크라테스는 사람이다. 따라서 소크라테스는 죽는다."

연역법으로 추론하기 위해서는 반드시 참이 되는 기본 명제들이 필요하다. 절대적으로 참인 전제로부터 출발하여 결론을 맺기 때문에 아무것도 없는 텅 빈 무의 세계로부터는 결론을 도출할 방법이 없다. 이 시기에 시도한 인공지능들은 전문가 시스템이었는데, 이는 한마디로 관련 지식들을 미리 컴퓨터에 저장해두고, 이를 근거로 인공지능이 스스로 답을 찾을 수 있게 한 것이다. 이러한 방식은 아주 좁은 범위의 일에서는 어느 정도 효과가 있었지만 곧바로 한계에 부딪혔다.

쉽게 말해서 컴퓨터에게 작업을 지시하기 위해서는 작업을 수행하기 위해 필요한 지식을 빠짐없이 정확하게 가르쳐야만 했다. 이를 지식획득의 병목 현상이라고 한다. 생각해보라. 10분짜리 일을 시키기 위해 10시간에 걸쳐 필요한 지식을 다 가르쳐줘야만 하는 상황이 되었다.

이와는 반대로 지식의 표현이 전혀 없는 방식으로 명시적인 명령이 없이도 작업을 수행할 수 있는 능력을 갖춘 인공지능을 개발하려는 부류가 있다. 이것이 바로 기계학습이다. 이는 '경험'을 통해 배운다는 개념을 시스템에 적용한 것으로 인간에 의해 어떻게 배울지에 대해서만 지도를 받고, 무엇을 해야 하는지에 대해서는 지도를 받지 않아도 되는 기호주의 입장에서와는 납득할

수 없는 접근 방식이었다. 기호주의 인공지능이 연역법적 추론을 추구했다면, 기계학습은 반대로 귀납법적 추론을 추구했다.

### 딥러닝의 부활, 인공지능을 이끌다

우리나라의 백조는 흰색이다. 중국의 백조도 흰색이다. 미국의 백조도 흰색이다. 전 세계의 모든 백조는 흰색이다. 기호주의 인공지능이 대세였던 초창기에도 기계학습이 기호주의 인공지능 보다 생각하는 기계를 만드는데 더 적합하다는 의견이 많았다. 많은 데이터를 가지고 정답을 구분해 내도록 훈련시키고, 정답이 없는 경우 스스로 패턴을 찾아내는 방식은 지식과 사고력이 충분하지 않은 갓난아기가 말을 배우고 성장하는 과정과 유사했기 때문이다. 기호주의에서는 불가능했던 무의 세계에서 지식을 배워나가는 것이 가능하다는 생각이었다. 그러나 기계학습도 제대로 동작하기 위해서는 많은 ‘경험’을 제공해줄 데이터가 반드시 필요했다. 그것도 아주 많은 데이터가. 그러나 초기 기계학습 알고리즘은 불완전했고, 무엇보다 학습에 필요한 충분한 데이터를 얻기가 매우 어려웠다. 결과적으로 첫 번째 인공지능의 시대는 기호주의가 점령했고, 인공지능은 기나긴 암흑기를 맞이해야만 했다.

2000년대 인터넷의 발전은 데이터의 폭발적 증가를 가져왔고, 이는 기계학습 부활의 원동력이 되어 인공지능 시대의 두 번째 막이 올랐다. 인터넷 시대에서 기계학습은 학습 데이터에 대한 굶주림에서 해방된 것이다. 물론 하드웨어의 발전과 기계학습 알고리즘의 개선도 큰 영향을 끼쳤다. 2006년도에 기계학습은 한 단계 더 도약하게 된다. 토론토 대학의 제프리 힌튼 교수는 2006년 심층 신경망에 관한 논문을 발표했다. 이 논문은 딥러닝의 부활을 알리는 계기가 되었고, 지금의 인공지능 전성기를 이끌고 있다.

딥러닝은 인간의 뇌 구조를 본떠 학습한다. 인간의 뇌에는 뉴런이라는 신경세포들이 복잡하게 연결되어



있다. 뉴런과 뉴런 사이에는 시냅스라는 연결부위가 있는데, 신호는 한 뉴런에서 시냅스를 통해 다른 뉴런으로 전달된다. 시냅스는 모든 신호를 전달시키는 것이 아니고, 어떤 일정한 크기 이상의 자극에 대해서만 신호를 전달한다. 또한 신호를 많이 받는 시냅스는 점점 더 커지고, 거의 신호가 들어오지 않는 시냅스는 사라지기도 한다. 어린아이들이 강아지를 만날 때마다 “저거 강아지야?”하면서 몇 번이나 묻는 것은 강아지의 형태에 대해 학습하는 과정이다. 수차례 학습을 반복하면서 강아지를 판별하는 시냅스가 커지면서 처음보다 빠르고 효율적으로 강아지를 알아보게 된다. 우리의 뇌가 어떤 정보를 받아들이고, 생각하는 능력이 개발되는 것은 모두 뉴런과 시냅스를 통한 자극 전달의 결과이다.

딥러닝은 인간의 뇌처럼 인공 뉴런 층을 만든다. 딥러닝의 인공 뉴런 층은 정보가 입력되는 입력층이 있고, 정보의 최종 결과가 확인되는 출력층이 있다. 입력층과 출력층의 중간에는 수십 수백개의 숨겨진 층이 존재할 수 있다. 이렇게 형성된 네트워크를 통해 마치 인간의 뇌처럼 방대한 데이터를 통해 차근차근 학습을 한다. 당연히 양질의 데이터가 많을수록 학습 효과는 높아지고, 추론의 정확도도 높아진다. 학습 데이터가 딥러닝의 성능을 결정한다.

딥러닝의 진정한 혁신은 바로 정답과 오답을 구분할 수 있는 대상의 특징을 사람이 직접 정해주지 않아도 된다는 점이다. 즉, 정답이 없는 문제만 알고리즘에 던져주더라도 스스로 대상의 특징을 구분하여 정답을 찾도록 노력한다는 점이다. 딥러닝은 기호주의 인공지능뿐만 아니라 기존 기계학습이 갖는 한계까지 한방에 해결해 버렸다. 그 결과 인공지능은 마케팅, 영상-음성 인식, 자연어 처리, 의료진단, 자율주행자동차, 천체 관측 등 거의 모든 분야로 빠르게 스며들고 있다. 인공지능이 인간을 이긴 바둑계는 더 이상 인간만이 누릴 수 있는 지적 능력의 대결의 장이 아니다. 인간을 넘어선 인공지능들끼리의 바둑 대결이 따로 펼쳐지고 있으며, 프로그래머들은 인공지능으로부터 바둑을 배우고 있는 상황이다. 이것은 바둑계에서만 일어난 상황으로 그치게 될지 주목해봐야 한다.

### 인공지능에 대한 믿음, 결국 인간의 의지다

딥러닝이 등장한 후로 인공지능은 승승장구하고 있다. 특정 분야에서는 이미 인간보다 월등한 능력을 과시하고 있다. 이렇다다 정말 모든 인간의 직업이 인공지능으로 사라지는 것은 아닐지 이 질문에 답을 하려면 우리는 먼저 ‘인공지능을 믿을 수 있는가?’에 먼저 답을 해야 한다. 우리가 누군가에게 일을 맡기기 위해서는 그 사람 또는 그 기계를 전적으로 신뢰할 수 있어야 하기 때문이다. 신뢰할 수 없는 대상에게 우리는 일을 맡겨서 안 된다.

그런데 인공지능 혁신을 일으킨 딥러닝을 비롯하여 기계학습이 주도하고 있는 지금의 인공지능은 ‘신뢰’에 대해서는 기호주의 인공지능에 비해 치명적인 단점이 있다. 바로 귀납법적 추론을 추구한다는 점과 알고리즘이 내부를 알 수 없는 ‘블랙박스’처럼 동작한다는 점 때문이다.

귀납법적 추론의 한계는 태생적 한계이다. 이는 이미 기호주의 인공지능자들이 수차례 지적한 것이다. 나심 니콜라스 탈레브가 그의 저서 <블랙 스완>에서 이야기한 것이 바로 기호주의 인공지능의 입장을 대변한다. 0.000001%의 가능성만 있더라도 모든 것이 바뀔 수

있다는 불확실성. 귀납법의 모든 추론은 근본적으로 100% 확신이나 보장이 불가능하다. 백조가 흰색이라는 것을 100% 확신하기 위해서는 전 세계 모든 백조를 실제로 다 조사하는 방법밖에 없다.

여기서 끝이 아니다. 우리를 더 오싹하게 만드는 것은 딥러닝은 속을 알 수 없는 ‘블랙박스’처럼 동작한다는 것이다. 우리는 딥러닝 알고리즘의 결과만 받아볼 수 있을 뿐, 딥러닝이 어떻게 그런 결과를 얻었는지 확인할 수 없다. 딥러닝의 숨겨진 층이 깊으면 깊을수록 우리가 그 과정을 파헤쳐 이해할 수 있는 가능성은 점점 더 희박해진다. 우리는 찜찜하지만 딥러닝이 내린 결론을 그저 믿고 따를 수밖에 없다. 영화 <마이내리티 리포트>에서는 미래에 범죄를 일으킬 사람들을 미리 검거함으로써 범죄를 사전에 차단한다. 딥러닝이 이런 작업을 수행한다면 이 다음의 상황을 상상해 볼 수 있다.

“홍길동은 미래에 95% 확률로 살인을 저지를 것이므로 체포해야 한다. 5%의 확률로 살인을 저지르지 않을 수도 있지 않은가? 그렇다면 살인을 저지른다는 근거에 대해서는 설명하기 어렵다. 95% 정도라면 신뢰도가 꽤 높다고 할 수 있는 사람도 있을지 모르겠다. 그럼 상황을 바꿔보겠다. 95% 확률로 사고를 일으키지 않는 자율주행차를 사서 타고 다닐 분은 한번 손을 들어보시라.”

결국 외면당했던 연역법적 추론을 추구하는 기호주의 인공지능과의 적절한 조화가 필요하다는 의견이 다시 등장하고 있으며, 설명이 가능한 인공지능 등 블랙박스를 투명하게 만들고자 하는 노력이 시도되고 있다. 부정적인 관점에서 오싹한 이야기를 한 것 같기도 하지만 너무 걱정할 필요는 없다. 결국 인공지능을 적용할지 말지의 여부는 인간의 의지로 결정할 수 있는 문제이기 때문이다. 우리가 인공지능에게 맡겨야 할 일과 인간이 해야 할 일을 현명하게 구분할 수 있다면 인공지능은 결코 우리에게 해를 끼치지 못할 것이다. 잘 쓰면 약이 되고 잘 못 쓰면 독이 된다는 단순한 진리에 답이 있다. [sfr](#)



# 첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술

박민철 / 서울기술연구원 수석연구원

최근 열수송관에 대한 사회적 관심과 유지관리 기술에 대한 요구가 증가되면서 이를 혁신적으로 개선한 ‘첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술’이 개발되었다. 이 기술은 열수송관의 손상 위치와 정보를 실시간 감지하고 이를 무선 통신망으로 관리자에게 바로 전송하도록 개발되는 등 첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술의 시범구축 현황과 활용 방안에 대해 살펴보도록 하자.



## 1. 서론

최근 1~2년 내 발생한 노후 열수송관의 사고 [성남시 이매동('18.03.20), 고양시 백석역 ('18.12.04), 목동 ('18.12.12)]로 인하여, 열수송관에 대한 사회적 관심과 유지관리 기술에 대한 요구가 증가되었다. 하지만 현재 지표투과레이더(GPR, Ground Penetrating Radar)나 열화상 카메라 등을 이용한 점검 위주의 유지 관리만 수행하고 있어, 파손 여부를 사전에 감지하고 선제적으로 대응하기란 사실상 불가능하다.

이처럼 이러한 문제를 혁신적으로 개선한 ‘첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술’을 개발하였다. 이 기술은 열수송관의 손상 위치와 정보를 실시간 감지하고 이를 무선 통신망으로 관리자에게 바로 전송되도록 개발되었다. 새로운 기술로 기존 기술의 인적·기술적 한계를 보완, 노후 열수송관의 관리와 열수송관 파열 사고를 선제적으로 예방할 수 있다.

## 2. 기존 열수송관 유지관리 기술 한계와 개선방안

열수송관의 누수 점검 기술은 전자파를 이용한 지표투과 레이더(GPR)가 대표적이다. 이 기법은 지표면에 방사시킨 후 반사체에서 되돌아온 반사파를 이용한 탐사법이며, 지표투과레이더(GPR)로 측정된 이미지에서 지하관로 유무와 누수 여부를 판단하기 어렵다. 이외에도 지상에서 전류, 음향, 영상 정보를 이용한 방법이 있지만, 음향을 이용한 방법은 주변 소음으로 인해 노이즈가 많고 누수에 의한 음향 특성을 정확히 감지하기 어렵다. 이러한 기술적 한계 외에도, 점검자가 직접 열수송관 전체를 하나하나 점검해야 하므로, 시간적·공간적 한계가 존재한다.

이러한 한계를 극복하고 열수송관의 선제적 유지관리를 수행하기 위해서는 <그림 1>과 같이, 1) 관로 전체의 손상을 감지할 수 있는 분포형 센서 기술, 2) 측정된 정보는 실시간 변환하고 관리하는 센싱 및 신호처리 기술, 3) 광범위하게 매설된 열수송관 전체를 관리할 수 있는 모니터링 기술이 필요하다.

그림 1. 첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술 개념도



### 3. 첨단 IoT 기술 기반 열수송관 유지관리 기술

일반적인 센서는 설치된 지점에서만 측정되는 지점형 센서이므로, 긴 관로의 손상 지점을 파악하기란 불가능하다. 열수송 관로의 중요 부위에 온도 센서를 이용하여 유지관리 하고 있다. 하지만, 전체 관로에서의 손상 지점을 파악하지 못하는 것은 이러한 지점형 센서가 가지는 공간적 한계 때문이다. 이러한 지점형 센서들의 공간적 한계를 극복한 것이 케이블 형태의 분포형 센서이다. 분포형 센서는 케이블에 빛 또는 전기 신호를 흘려서, 케이블 전체의 신호 변화를 감지하기 때문에 지하 관로와 같이 길이가 긴 형태의 구조물 손상을 측정할 때 매우 유리하다.

이번에 개발한 분포형 센서는 두 가닥의 평각선에

전류를 흘리기 때문에 누수에 대한 정확도가 매우 높고(오차범위  $\pm 3\%$  이내), 평각선이 피복되어 내구성이 높은 장점이 있다. 또한 롤 형태로 제작되어 현장에 운반하기 쉽고 열수송관과 함께 매설하기 용이하고, 시공 조건에 따라 자유롭게 분포형 센서의 길이를 조절할 수 있다. 최대 적용 길이 1km에서 10cm 간격으로 손상 지점을 감지할 수 있다.

분포형 센서에 전기펄스를 흘려 측정된 2차원의 전기파형 정보를 온도, 누수량(함수비) 등 원하는 정보로 실시간 변환(필터링/보정)하는 기법도 새롭게 개발했다. 실내 검증을 거쳐 모니터링 기기에 프로그램으로 탑재했다. 실시간으로 자동 분석이 가능해지고, 정확한 손상 정보만 관리자에게 전달된다. 분포형 센서의 검증과

66 무선 통신망을 활용한 첨단 IoT 기술인 ‘지중 무선 센서 네트워크 시스템’을 통해 관리자에게 실시간 전송되어 저비용, 저전력의 단일 네트워크 망으로 열수송관로 전체를 효율적으로 모니터링할 수 있게 된다. 99

보정방정식의 개발을 위해, <그림 2>와 같이 실내 실험 장비를 구축하고 열수송관 손상에 의한 2차원 전기파형을 측정하였다. 그리고, 손상 전후 전기파형의 변화가 발생하는 것을 검증하였다.

일반적인 모니터링 시스템은 하나의 구조물 또는 현장에 단일 개별 통신망을 구축하고, 측정된 정보를 송수신한다. 하지만, 광역적으로 매설된 열수송 관로 전체를 모니터링하기 위해서는 많은 비용과 대형 모니터링 기기들이 필요하기 때문에, 이러한 기존 모니터링 시스템으로 열수송관로를 유지관리 하는 것은 비효율적이다. 이러한 문제점을 개선하기 위해, 무선 통신망을 활용한 모니터링 시스템을 개발했다. 손상 정보는 첨단 IoT 기술인 ‘지중 무선 센서 네트워크 시스템(uWSN; Underground Wireless Sensor Network)’을 통해 관리자에게 실시간 전송된다. 이 uWSN을 이용하면 저비용, 저전력의 단일 네트워크 망으로 열수송관로 전체를 효율적으로 모니터링할 수 있게 된다.

4. 시범구축 및 활용 방안


이 기술은 지난 2019년 11월 말 서울에너지공사에서 시공한 중계-신내지구 신설 열수송관에 시범 구축되었다. 향후 5개월간 시범 운영하고 실증 작업을 거친 후 신설구간에 확대 적용한다는 계획이다. 이 센싱 기술은 열수송관 뿐만 아니라 상하수도 관로에도 적용이 가능하며, 광범위하게 매설된 지하관로를 uWSN을 이용하여 단일 네트워크망으로 통합 유지관리 할 수 있다. 마지막으로 서울시에서 추진 중인 지하시설물 통합 안전관리에 반영되어, 시가 컨트롤 타워 역할을 수행하는 데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 

그림 2. 최적 보정방정식 개발을 위한 실내 실험 장비와 검증 과정

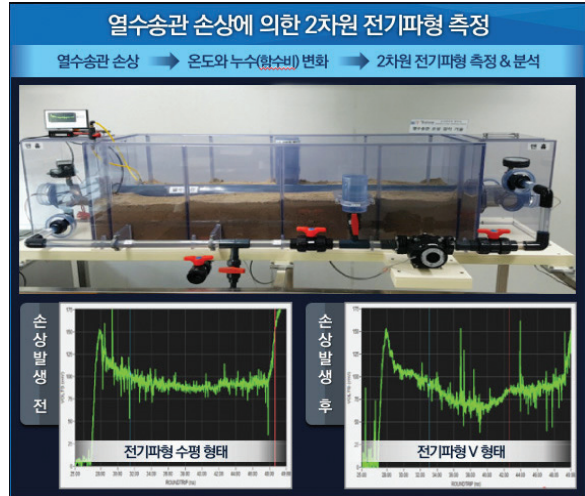
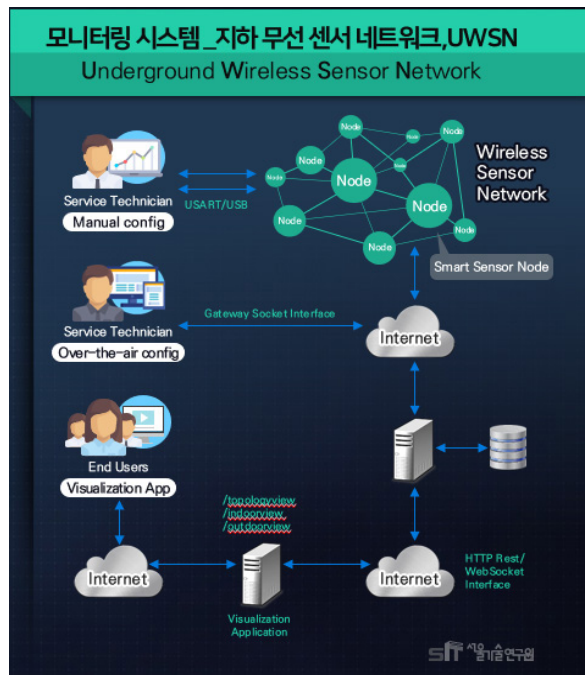


그림 3. 지하 무선 센서 네트워크 기술의 개념도





# 안전사각지대 해소를 위한 노후 소규모 건축물의 안전·유지관리 방향

김중찬 / 생활환경연구실 수석연구원

서울시는 노후 건축물의 안전점검 등 안전사각지대를 해소하기 위한 다양한 사업을 추진해오고 있다. 현재 시행되고 있는 건축물 안전유지관리의 현행 매뉴얼 점검 및 앞으로 서울시와 함께 모든 건축물의 안전을 확보하기 위한 지속적인 노력과 대응 방안에 대해 진단하여 보자.



## 안전사각지대를 해소하기 위한 방향

우리나라는 급속한 도시화로 인하여 집중개발시기에 준공된 건축물의 노후화가 진행되고 있으며, 노후 시설물의 붕괴와 치명적 손상에 따른 사고가 끊임없이 발생하고 있다. 특히 서울시는 시설물의 밀집도가 상당히 높으며, <그림 1>과 같이 1980~1990년대 준공된 건축물이 현재 20년 이상 경과되어 건축물 노후화에 따른 시민 생활안전에 대한 불안감이 높은 실정이다. 이를 극복하고자 국가와 서울시는 지속적으로 법·제도를 강화하고 노후 건축물의 안전점검 등 안전사각지대를 해소하기 위한 사업을 추진해왔다. 본고에서는 건축물 중 높은 비중을 차지하며, 상대적으로 법 테두리를 벗어나 있는 노후 소규모 건축물(제3종시설물 지정대상)의 안전·유지관리 실태를 살펴보고, 더 나은 안전관리 실태조사를 위한 방향을 살펴보고자 한다.

## 「시설물안전법」 개정과 시설물 안전관리 실태조사

본래 시설물 안전관리는 그 규모에 따라 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「시설물안전법」)과 「재난 및 안전관리 기본법」(이하 「재난안전법」)으로 이원화되어 있었다. 하지만 2018년 1월 18일 「재난안전법」상 특정관리대상시설이 「시설물안전법」상 제3종시설물로 편입되면서, 소규모 시설물도 제1종시설물과 제2종시설물과 함께 관리주체가 직접 관련 전문가를 섭외하여 안전·유지관리 하도록 법적 강제성을 부과하였다.

「시설물안전법」 제11조에서는 시설물의 관리주체는 소관 시설물의 안전과 기능을 유지하기 위해 정기안전점검을 실시하도록 규정하고 있다. 여기서 안전점검의 대상은 「시설물안전법」 제7조에 따라 제1종시설물, 제2종시설물, 제3종시설물로 분류된다. 본고의 대상은 노후 소규모 건축물로 「시설물안전법」상 제3종시설물로, 이 중 대상 건축물은 <표 1>과 같다.

그림 1. 서울시 건축물의 연도별 사용승인 현황과 주요사고 및 법령제정

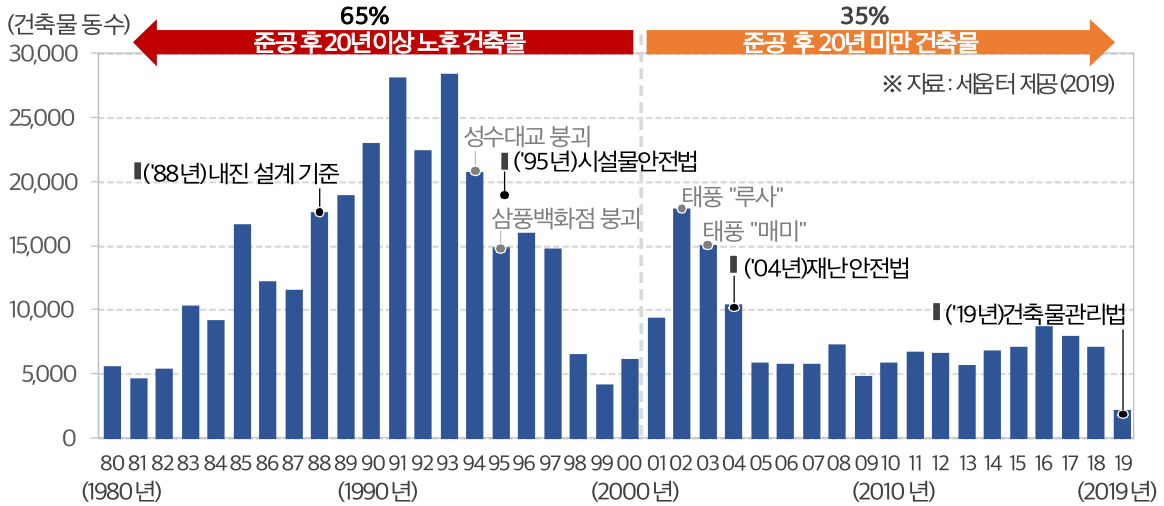


표 1. 제3종시설물 지정대상 중 건축물(「시설물안전법」)

| 구분   | 사용연한           | 규모                      | 용도  |
|--|----------------|-------------------------|---|
| 공동주택   |                | 5층 이상 15층 이하            | 아파트   |
|  |                | 연면적 6.6백㎡ 초과 4층 이하      | 연립주택  |
| 공동주택 외 건축물   | 준공 후 15년 이상 경과 | 연면적 1천㎡ 이상 5천㎡ 미만       | 판매시설, 숙박시설, 운수시설, 문화 및 집회시설(공연장, 집회장 제외), 의료시설, 장례식장, 수련시설, 노유자시설, 교육시설 |
|  |                | 연면적 5백㎡ 이상 5천㎡ 미만       | 문화 및 집회시설 중 공연장 및 집회장, 종교시설, 운동시설                                       |
|  |                | 연면적 3백㎡ 이상 5천㎡ 미만       | 위락시설, 관광휴게시설  |
|  |                | 11층 이상~16층 미만           | 건축물   |
|  |                | 연면적 5천㎡ 이상 3만㎡ 미만       |   |
|  |                | 연면적 1천㎡ 이상              | 공공청사  |
| 기타   | -              | 연면적 5천㎡ 미만 (지하보다 면적 포함) | 상가가 설치된 지하도 상가  |
| 건설공사를 통하여 만들어진 건축물 등 구조물과 그 부대시설로서 중앙행정기관장 또는 지방자치단체장이 재난 예방을 위하여 안전관리가 필요한 것으로 인정하는 시설물 |                |                         |   |

「시설물안전법」 개정에 따라 서울시는 매년 제3종시설물 지정을 위한 실태조사를 수행하고 있다. 제1종시설물 및 제2종시설물과 달리, 제3종시설물은 대상 범위에 포함되더라도 해당 자치단체의 실태조사 결과에 따라 지정되어야 정기안전점검에 대한 법적 강제가 부과된다. 서울시는 2019년 기준 약 2만 5천동의 건축물에 대하여 실태조사를 수행하고 있다.

지난 2019년 3월 기준, 제3종시설물로 지정된 건축물 현황을 자치구별로 나타내면 <그림 2>와 같다. 당시는 「시설물안전법」 개정 및 시행 초기로 '제3종시설물 지정을 위한 실태조사 매뉴얼'조차 배포되기 이전이었다. 관련 매뉴얼 배포 이전이었음에도 불구하고, 서울시와 자치구는 당시 총 1,814동의 건축물을 제3종시설물로 지정하였다.



표 3. 건축물 안전점검 체크리스트(제3종시설물 지정을 위한 실태조사 매뉴얼)


| 평가 항목                   | 조사 결과                |            | 평가 결과 |      |                       |      |            | 해당 없음 |
|-------------------------|----------------------|------------|-------|------|-----------------------|------|------------|-------|
|                         | 조사자 의견<br>(점검 의견 포함) | 보수필요<br>유무 | 우수    |      |                       |      | 불량<br>e(2) |       |
|                         |                      |            | a(10) | b(8) | c(6)                  | d(4) |            |       |
| 1. 보의 균열 및 손상 상태        |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 2. 기둥의 균열 및 손상 상태       |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 3. 내력벽의 균열 및 손상 상태      |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 4. 슬래브(바닥판)의 균열 및 손상 상태 |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 5. 주계단의 균열 및 손상 상태      |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 6. 지반 침하로 인한 동적인 균열 상태  |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 7. 주요강재 및 접합부 손상 상태     |                      |            |       |      |                       |      |            |       |
| 평가 결과                   | 종합점수                 |            | 안전상태  |      | □ 양호 □ 주의관찰<br>□ 지정검토 |      |            |       |
|                         | 긴급안전점검               | □ 필요 □ 불필요 | 중대결함  |      | □ 있음 □ 없음             |      |            |       |
|                         | 정밀안전진단               | □ 필요 □ 불필요 | 안전조치  |      | □ 필요 □ 불필요            |      |            |       |
| 종합의견 및 특기사항             |                      |            |       |      |                       |      |            |       |

※ 1~5항목 평가 시 외장재 및 마감재를 제거하여야 함. 제거가 불가할 경우 b 이상 판정할 수 없음(비파괴시험 및 책임기술자의 판단에 따라 b 이상 가능)

2019년 8월 국토부와 한국시설안전공단에서는 자치단체의 효율적인 제3종시설물 지정을 위한 실태조사 매뉴얼을 배포하였다. <표 3>은 실태조사 매뉴얼에 수록된 건축물 체크리스트를 나타내고 있다. 평가 매뉴얼 중 주요시설의 평가항목만 포함하고 있으며, 항목별 평가결과를 기존의 3가지에서 5가지 단계로 수정하여 점검자가 선택할 수 있는 폭을 넓혀주었다. 점검 결과 해당 건축물은 3가지 안전상태(양호, 주의관찰, 지정검토)로 평가된다. 여기서, 지정검토는 제3종시설물로 지정을 원칙으로 하며, 양호와 주의관찰은 각각 3년, 2년 주기로 실태조사를 수행하여야 한다.

건축물 안전유지관리의 기본인 육안조사를 통한 정기점검과 관련된 현행 법·제도와 안전관리 실태, 그리고 이에 활용되는 현행 매뉴얼을 살펴보았다. 법적 강제를 부과하는 건축물의 대상이 지속 확대됨에 따라 시민의

안전한 생활이 확보될 것이며, 서울시는 국가 법·제도의 변화에 그 어떤 자치단체보다 한발 앞서 대응해나가고 있다.

이중 서울시에서 많은 인력과 시간을 투입하고 있는 것은 제3종시설물 실태조사이다. 관련 법령이 개정되고 본격적인 실태조사를 수행하면서 현행 매뉴얼만으로는 행정적, 기술적 어려움이 많은 실정이다. 이러한 문제를 극복하고 효율적인 지정 및 관리가 가능하도록 연구원에서도 관련 연구를 수행하고 있다. 단기적으로는 실태조사 시 건축물의 안전점검 체크리스트 개선안을 도출하여 효율적인 안전등급 평가가 가능하도록 하며, 장기적으로는 지정·관리 시 발생하는 민원을 대응할 수 있는 방안을 도출하는 것을 목표로 한다. 앞으로 서울시와 연구원은 모든 건축물의 안전을 확보하고 이를 사용하는 시민의 안전사각지대를 해소하기 위해 지속적으로 노력할 것이다. 



# 스마트 시티와 대기질 센서 측정

김관철 / (재)차세대융합기술연구원  
시흥스마트시티실증지원센터 선임연구원/  
미세먼지 신기술 측정 연구실장

세계 곳곳에서 발생하며 바이러스보다 위험한 '조용한 살인범'으로 불리는 것이 있다.

전쟁, 폭력, 전염성 질병보다 훨씬 위험하고 치명적인 것은 바로 대기오염이다.

세계 보건기구(WHO)에 따르면 대기 오염으로 인해 전 세계 인구의 700만 명이상이 건강 위험에 노출되었다고 보고되고 있다.

독일 막스플랑크연구소(Max Planck Institute)가 2020년 3월 Cardiovascular Research 저널에 발표한 연구에 따르면 대기 오염으로 인해 2015년에 880만 명이 조기 사망하여 전 세계 평균 기대수명을 2.9년 단축되었다고 보고하였다. 대기오염에 의한 기대수명의 감소는 담배 흡연의 경우 평균 2.2년(72만 명 사망), 에이즈 0.7년(100만 명 사망), 말라리아와 같은 질병 0.6년(60만 명 사망), 폭력에 의한 사망 0.3년(53만 명 사망) 보다도 높다.

대기 오염은 지구에 오염에도 심각한 위협이 되고 있다. 산업활동 및 화석연료 사용으로 인위적으로 발생하는 가스상 물질과 입자상 물질은 지구온난화, 기후 변화 등을 야기하고 있다. 한국은 이미 국외 지역에서 발생하여 장거리 수송되는 대기오염물질과 국내에서 발생하는 오염물질이 더해져 '대기오염 팬데믹'을 경험해 왔다. 대기오염은 코로나19 처럼 증세가 빠르게 나타나는 급성이 아니라서 일상생활 속에서 서서히 스며들어 무뎠고 있다.

## 스마트시티의 개념과 대기질 측정

UN/DESA(United Nations/Department of Economic and Social Affairs Economic)의 '2018년 세계도시화 전망' 보고서에 따르면 현재 전 세계 인구의 55%가 도시 지역에 살고 있으며 2050년까지 도시 인구 비율은 68%까지 증가를 예측하고 있다. 2030년에는 1,000만 명 이상이 거주하는 이른바 '메가시티'가 31 곳에서 43 곳으로 증가가 예상된다. 세계의 도시 거주자는 1950년 7.51억 명에서 2018년 42억 명으로 급격히 도시화가 진행되고 있다. 도시화는 환경, 교통, 에너지, 안전, 도시 노후화, 건강 등 다양한 문제를 발생시켰고, 이를 해결하고 삶의 질을 개선하고자 지능정보 기술을 기반으로 하는 스마트시티의 개념이 생겨났다.

스마트시티의 개념은 국가마다 조금씩 다른 정의를 하고 있다. 한국에서는 도시의 경쟁력과 삶의 질





향상을 위하여 건설·정보통신기술 등을 융·복합하여 건설된 도시 기반시설을 바탕으로 다양한 도시 서비스를 제공하는 지속가능한 도시로 정의하고 있다. 세계은행(World Bank)에서는 기술 집약적인 도시로 스마트시티를 정의한다. 기술 집약적 도시란 소프트웨어 응용 프로그램과 연결된 대량의 상호 장치로 수집된 정보를 매우 효율적인 공공 서비스로 제공이 가능함을 의미한다. 대기 측정 맥락에서 보면 대량의 상호 장치란 정부와 시민 모두에게 실시간 정보를 제공하는 대기 측정 센서를 의미한다. 수집된 정보들의 축적은 다른 정보와의 상호작용을 통해 유용한 정보들로 전환될 수 있고 이용자에게 새로운 정보를 제공하여 사람들의 삶의 질이 향상하도록 돕는다. 축적된 대량의 정보들은 디젤 차량의 운행 제한, 미세먼지 저감조치와 같은 환경정책의 효용성을 평가하고 새로 도입될 도시계획 추진에 따른 기대효과 및 영향을 미리 판단하는데 활용될 수 있다. 국내에서는 정부나 지자체에서 대규모 대기질

측정 센서망의 구축 사업을 통해 대기오염을 조밀하게 감시하고 시민들에게 더 나은 서비스를 제공하고자 추진되고 있다.

### 대기질을 향상시키는 스마트한 방법

스마트시티는 정보 통신 기술(ICT)을 활용하여 시민들에게 더 나은 건강, 교통 및 에너지 관련 시설을 제공하고 정부가 국민의 복지를 위해 이용 가능한 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 도시 자치제이다. 연결성이 갈수록 증대되고 기술의 비용과 크기가 줄어드는 시대에서 정보 통신 기술의 적용이 큰 관심을 끌고 있다.

도시에 다양한 정보를 수집하고 도시 자원을 효율적으로 관리하는 데 사용되는 정보를 제공하는 경우 우리는 도시가 '스마트'하다고 한다. 센서에서 수집된 정보는 도시를 관리하거나 의사 결정을 쉽고 빠르게 하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 기존 대기 관측망 대비

그림 1. 애버딘 브래드퍼드의 'InLinkUK' 전화 허브와 대기질을 모니터링



출처: InLinkUK

다량의 센서 설치가 가능하면서 관측 네트워크 구현 비용이 크게 절감되었고 측정 공간 해상도를 높일수 있는 장점이 있다. 대기 중 입자를 필터에 포집하여 측정하는 기존의 방식과는 달리 대기 측정 센서는 빛에 의해 산란되거나 흡수하는 특성을 이용하여 농도로 환산하는 광학적 측정방식을 적용하고 있어 경량화, 저전력, 저비용이 가능하다. 센서에 탑재된 데이터 송수신 장비는 실시간 네트워크 모니터링에 필요한 최적의 요건을 갖추고 있다.

스마트시티에서는 대기질 정보의 원격 제어, 측정자료를 자동 업데이트, 시각화 기능을 갖춘 도시 통합 대기질 모니터링 시스템을 도입하여 가상공간 안에서 이를 구현한다. 이를 통해 고농도 대기오염 발생지역에 주민들에게 대기오염에 대한 경고를 주거나 보다 안전한 도시 이동 경로의 추천 등이 가능하다. 최근 급부상하고 있는 빅데이터를 활용하여 대기 모델링을 이용하면 대기 오염의 발생원을 정밀하게 추적·예측, 바람길 분석을 통한

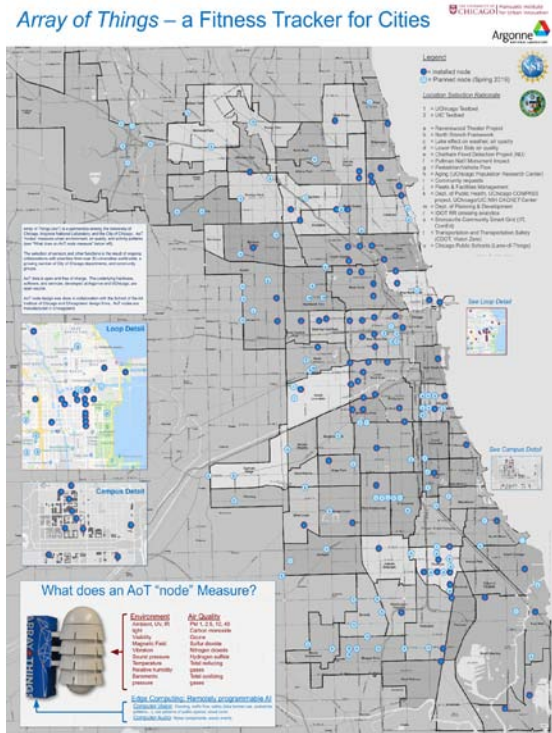
병목현상 파악, 대기질을 반영한 도시계획, 대기오염 저감 효과 등을 미리 시뮬레이션 해볼 수 있다.

### 세계적인 스마트시티에서 추진되는 대기질 감시

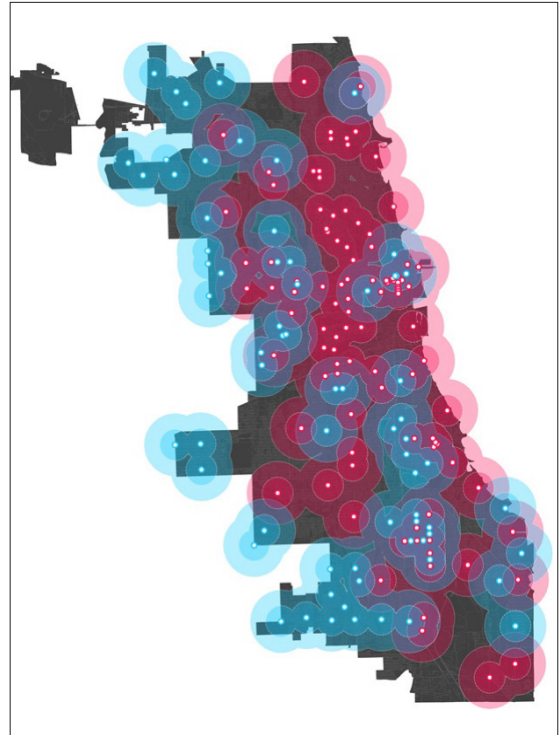
영국 브래드퍼드시의 InLinkUK는 기존 공중전화를 대체하는 디지털 허브로 무료 초고속 Wifi, 무료 전화, 무료 모바일 요금, 커뮤니티 뉴스 제공 및 응급 서비스 등 지역 사회에 다양한 디지털 무료 서비스를 제공하고 있다. GPS와 IoT 통합 모듈식 센서를 사용하여 1분 단위로 대기질 데이터를 수집하고 InLinkUK의 Wifi를 통해 데이터를 실시간으로 데이터 허브에 전송하고 있다. 데이터를 공유받은 버밍엄의 연구원과 과학자들은 대기질 데이터의 실시간 분석을 통해 대기 오염 문제를 즉각적으로 해결해나가고 있다. <그림 1참고>

미국 시카고는 사물인터넷 기술을 도입하여 대기 관측에 적용한 모범사례로 손꼽히고 있는 도시이다. 대기 오염 문제를 해결하기 위해 아르곤 국립연구소(Argonne National Laboratory)와 시카고 대학(Chicago University)이 주도하고 시카고시와 협력하여 AoT(Array of Things)라는 새로운 IoT 프로젝트를 개발했다. 이 프로젝트에는 대기질, 기후 및 교통, 도시 환경, 인프라 및 특정 활동에 대한 실시간 데이터를 수집하기 위해 200여개의 대화형 모듈식 센서와 카메라로 구성되어있다. 수집된 데이터는 30 초마다 아르곤 국립연구소의 안전한 중앙 데이터베이스 서버로 전송하여 새로운 도시문제 분석 도구 및 응용 프로그램을 개발에 활용하고 있다. 측정 정보들은 5분마다 API 서비스에 게시한다. 도시 계획을 알릴 수 있도록 데이터가 공개되어 '더 살기 좋은 시카고'를 만드는 책임을 시민들도 나눌 수 있도록 했다. 대기 측정 분야에서는 초미세먼지, 일산화탄소, 이산화질소, 이산화황, 오존 등의 오염물질을 보여주는 열지도로 표출되고 지자체는 문제 지역을 면밀히 파악하여 배출 제한 정책을 시행하고 도시 인프라를 최적화하고 있다. <그림 2참고>

그림 2. 시카고의 AoT의 측정 센서와 위치



출처: AoT



중국 베이징시는 IBM 연구센터와 협력하여 ‘그린 호라이즌 이니셔티브(Green Horizon Initiative)’라는 프로젝트를 진행 중이다. IBM 연구센터는 대기질 관리 결정 지원 플랫폼(Air Quality Management Decision Support Platform)을 개발했다. 미세먼지 농도를 500m×500m 격자로 실시간 측정하고, 빅데이터와 인공지능, 대기질 모델링, 자료동화 기술 등을 활용하여 베이징의 미세먼지 이동 경로를 예측할 수 있는 분석 플랫폼이다. 이 프로젝트는 미세먼지 유발인자의 근원지를 파악해 중국 당국에 전달하고, 정부가 미세먼지를 줄이기 위한 정책으로 적극 활용하고 있다. <그림 3참고>

영국 EarthSense사는 항공지도 회사 블루스카이(Bluesky)와 레스터 대학교(University of Leicester) 간의

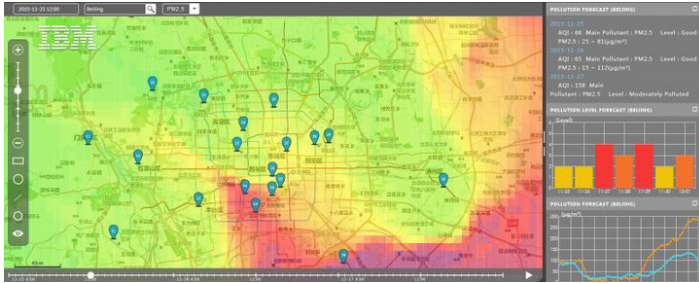
협력 회사이다. 전 세계 위성 데이터와 자체 대기질 모니터링 센서인 Zephr의 대기오염 측정값, 오픈 소스 데이터(교통 배출 및 기상 조건)를 통합한다. 모델링 기술을 사용하여 영국 전역을 100m 해상도, 상세 연구 지역을 위한 1m 초고해상도 데이터 세트, 도심 지역을 위한 10m 해상도로 맵핑하여 환경문제를 해결할 수 있는 제품을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. <그림 4참고>

**국내 대기질 센서의 측정의 문제점 및 고려할 점**

국내의 경우도 스마트도시 구현을 목표로 대기질 센서 측정기를 대규모 도입하고 있다. 촘촘한 미세먼지 관측망을 구축하여 시민들에게 서비스를 제공하고 정책에 활용하는 지자체가 생겨나고 있다. <그림 5참고>

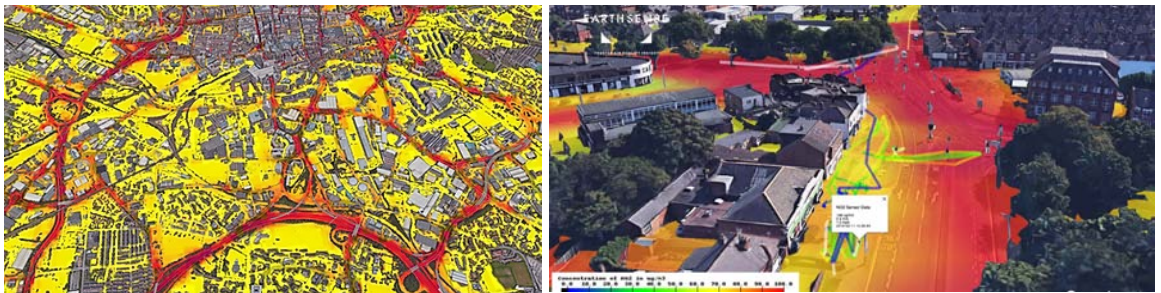
하지만 대규모 센서의 도입은 기존 대기질 측정 기준과

그림 3. 베이징의 그린 호라이즌 이니셔티브 대기질 관리 시스템



출처: IBM research

그림 4. 영국 EarthSense사 고해상도 대기질 농도 맵핑



출처: EarthSense

규정에 적합하지 않을 수 있어 설치 시 주의가 필요하다. 환경부에서는 검증되지 않고 신뢰성이 없는 자료가 무분별하게 양산되는 것을 방지하기 위해 2019년부터 ‘초미세먼지 간이측정기의 성능인증제도’를 실시하고 있다. 1등급 간이측정기의 경우라도 주변 농도를 확인하는데 참고자료로 사용 가능한 수준으로 규정하고 있어 설치를 고려할 때 신중한 접근이 필요하다. 또한 가스상 물질, 악취 센서 등의 성능 인증은 아직 시행되지 않고 있다. 데이터 획득에 있어서 적합한 목적과 부합하는 센서인지 설치하기 전에 면밀히 검토해 볼 필요가 있다. 대기질 센서의 특성의 충분한 이해와 획득 데이터의 검증 없이는 안정적으로 사용이 어렵기 때문이다. 그렇지만 해당 지역의 실시간/고해상도/고분해능 대기질 정보의 제공은 새로운 비즈니스 서비스 창출로 발전 가능성이 커

기대하는 바가 크다.

스마트시티 대기질 측정에서의 가장 어려운 부분 중에 하나는 ‘도시에 얼마나 많은 센서의 설치가 필요하고, 어디에 배치해야 하는가?’이다. 이는 측정을 통해 얻고자 하는 목표와 도달 수준에 달려 있다. 고해상도/고분해능으로 대기질을 관측하기 위한 센서와 센서간의 간격은 고려할 변수가 많아 결정하기란 쉽지 않다. 이는 대기질 측정 항목에 따라서도 크게 달라진다. 예를 들어 대기오염물질 중 수명(Life time)이 짧은 NO와 같은 물질은 대기 중에 잘 혼합되어 있지 않을 수 있다. 오존의 경우 도시 전체에 균일한 수준으로 일관성 있게 분포하더라도 시간에 따라 달라진다. 특히 오염물질은 대기 정체와 안정도, 바람에 의한 확산 속도, 지형, 도시의 바람길을 따라 일정한 분포로 존재하지 않을 수 있다. 대기질 오염이

그림 5. 2020년 숨서울(SUM SEOUL) 프로젝트



출처: 서울시

취약한 지역, 주요 오염 발생원, 교통량, 측정지역 내 인구밀도 및 유동인구, 토지이용에 따라서도 대기질 농도 분포가 달라질 수 있어 측정 센서의 설치시 관측 변수들을 고려한 최적의 위치선정에 대한 과학적 접근이 필요하다. 따라서 최적의 관측값을 산출하기 위해서는 격자 간격으로 일정하게 배치하기보다는 주어진 관측지역 안에서 가능한 최대의 지역적 특성값을 도출 할 수 있는 곳에 설치가 바람직하다. 확보된 예산 안에서 센서의 종류와 설치 가능한 개수, 전체적인 오염원의 추적성과 규모도 고려해야 한다. 무분별하게 설치하기 보다는 기존의 설치된 국가 대기질 관측망을 중심으로 정확성을 높이면서 간극을 메워주는 효과적인 방법에 관한 연구도 반드시 필요하다.

거리에 따른 센서 관측 지역을 선정하더라도 정밀한 설치 위치와 주변환경을 고려해야한다. 기존 방식의 대기오염 측정소는 환경부의 ‘대기오염 측정망


설치·운영지침’을 따르지만, 대기오염 센서의 설치에 관한 국내 기준이 아직까지는 미흡하다.

먼저, 측정 오차를 줄일 수 있는 지역을 선정하거나 송수신이 용이한 주변 환경 영향을 살펴봐야한다. 대기오염물질에 의한 인체의 유해성 판단이 관측의 주된 목적이라면 인체 호흡기 높이의 설치도 고려해 봐야한다. 자칫 전원 공급이 쉽고 설치가 용이한 지점만을 고려하다 보면 가로등, 신호등과 같은 거리 인프라에 주로 센서가 설치될 수 있어 도로변 비산먼지, 차량 배출 오염물질에 의해 지역 내 대기질 평균 농도가 왜곡될 가능성이 있어 주의가 필요하다. 측정 센서의 경우 대기 조건 및 간섭 가스의 영향, 습도와 온도, 풍향, 풍속과 같은 기상변화를 고려하여 기계적 보정 또는 알고리즘에 의한 후보정이 반드시 필요하며, 제조업체는 자사의 독점적인 보정 기술을 공유하지 않을 가능성이 높아 센서의 종류에 따라 상반된 데이터 결과를 보여줄 가능성도 있다. 통합 모니터링 관제 시스템 운영 중에 다른 추가 센서의 도입 시에는 이러한 사실을 염두해야 하며, 센서 종류에 따라 다른 보정기술이 필요할 수 있음을 암시한다. 때에 따라서는 대규모 데이터 세트를 수집하고 머신러닝을 통해 주어진 조건 및 기기적 특성에 따라 보정 알고리즘의 개발이 요구되기도 한다. 전문가들은 국가 대기 오염 측정망과 동일한 유치에 센서를 배치하는 것이 산출 데이터의 표준화, 데이터 보정, 유지/보수를 위해 유리하다고 생각한다. 기준이 되는 관측자료와의 상관관계 및 검보정을 통해 정밀도를 검증할 필요가 있다.

센서의 내구성 문제도 고려할 점이다. 계절에 따른 온도와 습도의 변화, 실외 측정으로 인한 센서의 오염은 측정 기간을 크게 단축할 수 있다. 이러한 문제로 스마트시티 대기질 프로젝트들은 종종 데이터 저하 문제를 해결하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 센서의 측정 저하 및 운영 비용을 초과하게 되어 프로젝트 목표를 달성하지 못하게 되는 경우가 있어 주의가 필요하다.

### 성공적인 대기질 센서 관측망 구축을 위한 노력

대기질 관리를 위해 대기측정 센서 관측망의 도입은 정부나 지자체의 지원이 필요하다. 즉, 정부나 지자체의 이니셔티브가 중요하다. 도시 전체의 의사 결정을 계획하고 실행하는 데 정부나 지자체의 주요한 역할이 필요하다. 대기측정 센서 관측망 구축에 성공한 도시 사례 중 대부분은 초기 공공 인프라 지원 정책이 필요하다. World Bank는 프로젝트를 성공적으로 정착하기 위해서는 정부나 지자체의 장기적 파트너 및 리더로서 기여를 강조하고 있다. 하지만 국가 및 지방에서 대규모 재정이 투입되더라도 스마트시티 사업은 모든 지역에서 동시에 추진하기에는 분명한 한계가 존재한다. 지역마다 다양한 스마트 센서의 도입방식과 적용 방향이 상이할 수 있고 지자체 별로 가지고 있는 대기 오염의 현안이 다를수 있어 개별적이고 산발적인 센서 관측망 구축보다는 여러 지자체가 협심하여 실증과 검증 후 성공한 관측 모델의 확산이 필요해 보인다. 센서의 인프라·데이터·서비스의

효율적인 상호 운용성 확보를 위해 초기 구성부터 표준화된 인프라 구축은 필수적이다. 초기 테스트 베드에서 성공적 검증을 통해 점진적 확산이 필요하다. 무엇보다도 스마트시티에서 센서기반 대기질 프로젝트를 성공적으로 이끌기 위해서는 대기질 전문가, IT 부서, 정치인, 기업, 환경 기관 및 시민, 지자체, 대학, 연구소, 산학 등 여러 이해 관계자들과의 협의체를 구성하여 연계를 확보하고 성공한 표준 서비스를 기반으로 향후 광역적이고 긴밀한 연계 추진이 필요해 보인다. 향후 지속가능한 서비스로 활용성을 높이기 위해서는 대기오염 문제를 새롭게 발굴하고 해결하도록 시민주도 리빙랩 활동에 대한 적극적인 지원도 필요하다. 스마트시티의 주체인 모든 시민이 적극적 참여하여 환경적 문제를 인식하고 해결하도록 정부나 지자체는 오픈형 공공 데이터의 활성화를 통해 누구나 쉽게 정보에 접근할 수 있도록 규격화 및 표준화 기술을 도입해야한다. 법과 제도적 문제를 해결하여 데이터 사용에 제약이 없도록 규제 개선 및 법적 근거도 필요하다. 





# 기상 악천후에서 안전하게 주행하는 지원 기술



이석기  
한국건설기술연구원 연구위원  
기상재현도로실증팀장

비, 눈, 안개 등 기상 악화는 도로 환경에 악조건으로 작용해 각종 크고 작은 사고를 유발한다. 기상 악천후로 인한 교통사고 예방을 위해 기상 상황을 도로상에 직접 재현한 '기상재현도로실증센터' 구축과 실증실험으로 연구성과의 실효성을 검증하고 현장에 즉시 적용할 수 있게 되었다. 앞으로 '틈새기술의 공약을 통해 도로교통의 안전성 확보'에 대한 논의가 한창 진행 중이다.

## 1. 들어가기

기상 악천후로 인해 해마다 반복되는 사고 등으로 사회 불안감이 증대되고 있다. 정상 기상 대비 교통사고 치사율을 따져보면 안개 5.3배, 눈 1.66배, 비 1.25배로 기상 악천후로 인한 도로의 위험성은 매우 심각한 수준이다. 하지만 해마다 계절이 바뀌면 언론 방송사에서 반복 보도되는 것이 봄·가을철 안개 도로 위험성, 동절기 결빙·블랙아이스, 우천 시 차선 시인성 불량이다. 아직까지도 '해결되지 않는 인재'에 대해 따져볼 필요성이 있다. 우리나라는 4계절이 뚜렷한 변화무쌍한 기후 조건을 가지고 있다. 실제 도로에서 마주치는 기상 조건은 비, 안개, 눈이 되고, 여기에 주간/야간이 포함된다. 본고에서는 주로 시거(視距, Sight Distance)와 관련된 내용을 기술하였다. 운전자는 필요한 정보의 90% 이상을 눈을 통하여 전달받을 만큼 시각은 중요한 감각기관이다. 첨단 차량의 입장에서도 수많은 센서가 있지만 일반적으로 전방의 상대나 차로를 인식함에 있어서 카메라 기반의 비전센서를 사용한다. 여기에는 경제성이 수반된다. 값싸고 신뢰성 있는 제품이 각광을 받는 것과 일맥상통한다.

전통적으로 운전자 기반의 차량과 첨단차량에 있어서 전방을 볼 수 있는 주체는 운전자의 눈과 첨단차량의 카메라 기반 비전센서가 된다. 먼저 운전자 기반의 차량의 경우를 살펴보면, 눈을 통하여 전방 사물, 차량, 상황들을 볼 수 있으나 안개, 우천 도로에서는 시거가 제약되어 차선 인식이 어려운 경우가 현실이다. 또한, 첨단차량의 경우를 살펴보면, 차로이탈 경고시스템(Lane Departure Warning System, LDWS)이나 차로유지 시스템(Lane Keep Assistance System, LKAS)은 비전기반으로 카메라를 이용하여 차선을 인식하는 알고리즘으로 구동된다. 물론, 맑은 날의 기상조건에서는 대부분 차로를 인식하며, 양산차 업계에서도 이를 판매하고 있다. ADAS(Advanced Driving Assistance System)의 인증에 있어서도 맑은 날을 기준으로 하고 있다. 하지만, 서두에서 언급한 바와



같이 기상 악천후 도로 조건에서는 인식이 어떻게 될지는 아무도 모른다. 아마도 센서 개발 업체나 양산차 업체에서는 그 한계를 알고 있을지 모른다.

따라서 필자는 기상 악천후 도로 상황에서 운전자의 시각 특성에 대한 기초 연구와 현재 상용차에 탑재된 LDWS의 성능을 테스트해 보았고, 그에 대한 한계와 이를 극복할 수 있는 도로 인프라 측면에서의 기술 대안에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 기상 상황을 도로상에 직접 재현한

### ‘기상재현도로실증센터’

‘모든 답은 현장에 있다’라는 말이 있다. 현장은 발생하는 문제의 실마리를 풀 수 있는 공간이기 때문에 그 공간에서 나타나는 현상과 상황 조건에 입각하여 실증테스트를 통한 연구결과물 도출이 무엇보다 중요하다. 기상 악천후 도로에서 일반 운전자 기반 차량과 첨단차량 모두가 안정적으로 주행할 수 있는 기술 대안이 있다면, 이는 일반 운전자 기반 차량의 주행 안전성 확보와 더불어 첨단기술로 무장된 자율차 시대 진입 전까지의 기술

공백을 확실히 보완할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 첨단도로교통 인프라와 첨단차량이 협업하여 안전이라는 이슈를 백업해 줄 수 있을 것으로 기대한다. 이를 위해 한국건설기술연구원의 연천 기상재현도로실증센터는 국내외 유일하게 도로상의 눈, 비, 안개를 재현하여 각종 테스트를 수행할 수 있는 실험시설을 갖추었다.

## 3. 안전한 주행이 가능한 스마트 도로 기술개발

기상 악천후 도로에서 운전자 기반의 일반차량 및 첨단차량 모두에게 안전한 주행이 가능한 스마트 도로 기술개발을 위한 선결 조건과 그에 대한 개발 방향은 다음과 같다.

### 3.1. 현재의 한계를 명확히 되짚어볼 필요

베이스라인 컨디션(Baseline condition)을 명확히 알아야 한다. 즉, 현재의 한계를 알아야 기술개발의 정의(요구조건)와 성능 범위를 규정할 수 있다.

정상 기상조건에서의 경우 운전자는 주행 차로뿐만 아니라 전방의 다양한 시설과 옆 차로 등을 비교적

그림 1. 기후조건에 따른 최소안전 요구조건 변화도

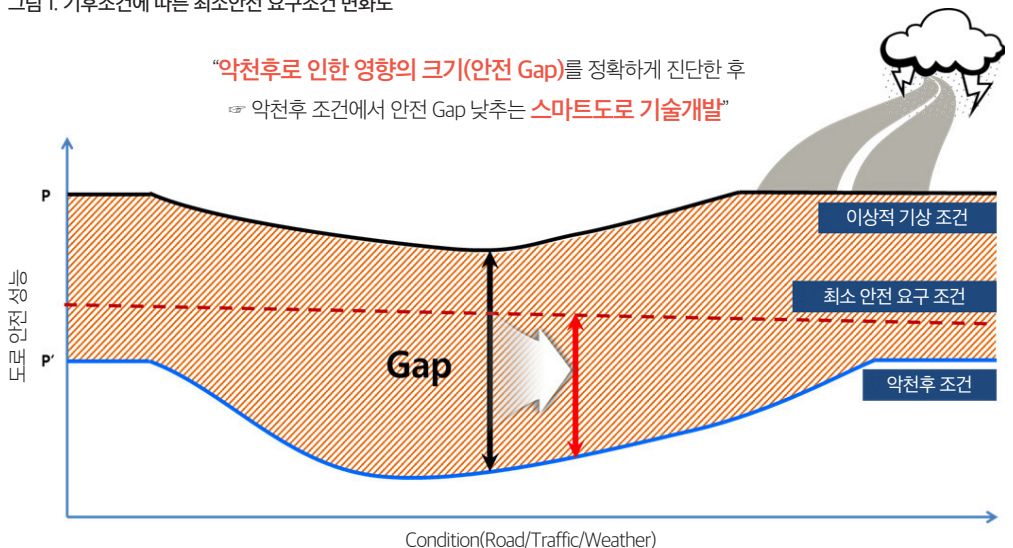


그림 2. 경기도 연천 한국건설기술연구원 기상재현도로실증센터

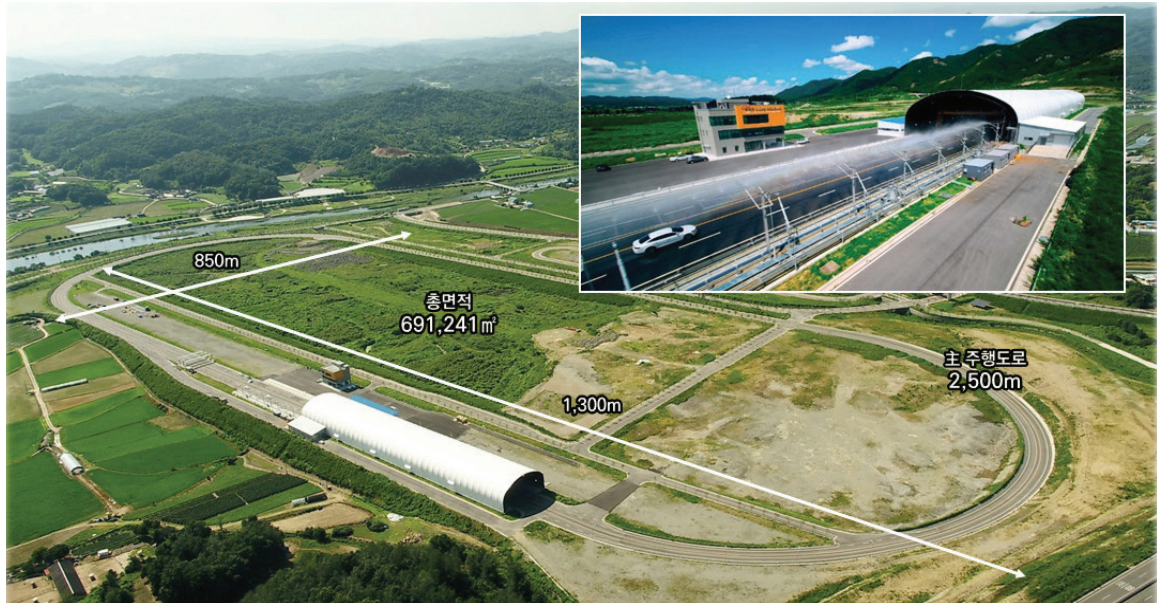


표 1. 기상재현도로실증센터 실험시설 사양 및 성능

| 구분            | 시설사양 및 성능  |
|---------------|--|
| 강우 재현 실험시설    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 길이 200m</li> <li>• 강우 강도 50mm/h(180m), 100mm/h(20m)</li> </ul>                                |
| 강설 재현 실험시설    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 길이 200m</li> <li>• 강설 강도 5cm/h</li> </ul>   |
| 안개 재현 실험시설    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 길이 200m</li> <li>• 안개 시정거리 30m</li> </ul>   |
| 야간환경 실험시설     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 길이 200m</li> <li>• 조명시설은 레일은 이용하여 이동 가능</li> <li>• 도로조명 상하좌우 이동 가능, 등기구 전방향 45도 틸팅</li> </ul> |
| 기능성 포장 실험시설   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 폭 3.5m, 길이 10m bath 모듈식 포장 실험 시설 : 4개 bath (R&amp;D 성과 실험용 소형 포장 모듈)</li> </ul>                 |
| 용설제 성능평가 실험시설 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강설 일반구간 100m, 최대 분당 200g 분사</li> <li>• 최대 분사거리 10m, 3종 용설제 분사가 가능한 시설 구축</li> </ul>             |
| 이동식 캔트리 시설    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 길이 300m</li> <li>• 최대 호이스트 용량 11.2톤</li> </ul>  |
| 터널형 실드        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 길이 200m, 4차로 (폭 32.4m, 높이 16.2m)</li> </ul>   |

균등한 시간으로 짧게 바라보는 경향을 보였으나, 우천 상황에서는 자신의 주행차로에 시선이 대부분 집중되는 경향을 보였다. 또한, 안개 도로에서 운전자는 자신의 주행차로 중에서 바로 앞 전방에 시선이 집중되는 경향을 보였다. 이는 우천 및 안개도로에서 안전시설물 높이, 위치 결정에 중요한 인간공학적 요소로 판단된다.

이와 더불어 주행속도와 강우강도별 운전자 관심 영역의 주시시간을 살펴보면, 정상 기상조건에 비하여 우천 시 운전자는 주행 중인 차로를 주시하는 시간이 길어지는 것을 알 수 있으며, 작업부하(강우강도)의 강도가 클수록 특정 영역에 대한 주시시간 비율이 높아짐을 알 수 있었다.

정상 기상조건에서 기준에 만족하는 차선은 주-야간을 막론하고 시인성능이 우수하다. 하지만 우천 및 안개 도로에서는 차량 전조등의 조사된 빛이 노면의 빗물에 의하여 산란되거나 안개 입자에 산란되어 재귀반사 성능이 저하된다. 운전자의 눈에도 이러한 현상이

나타나지만 비전기반의 LDWS 장착 차량은 어떻게 인식이 되는가에 대해 우천 시 실증테스트를 통해 검증해 보았다. 여기서 사용한 시료는 일반 도로형 노면표시, 테이프형 노면표시, 노면표시+재귀반사식 표지병, LED 표지, 강우강도는 시간당 10, 20, 30 40, 50mm의 조건과 주행속도는 60kph로 설정하였다. 테스트 결과, 강우강도 30mm/h 이상에서는 페인트식 노면표시는 인식이 되지 않았으며, 페인트+도로표지병 조합의 경우에도 그 성능 한계를 보였다.

### 3.2. 악천후 도로에서의 첨단차량 센서 검증과 기술 대안 마련 필요

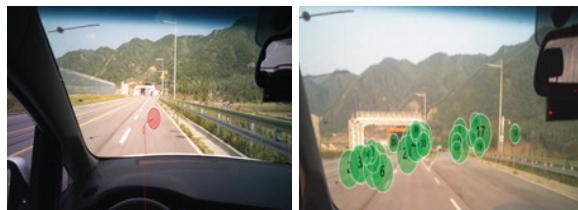
첨단차량의 주행을 보면 매우 환상적이다. 별도의 운전자 제어가 없어도 자율주행이 가능하고 알아서 달리고 선다. 하지만 여기에는 맹점이 있다. 대부분이 기상조건이

양호할 경우만 가능하다는 것이다. 여기에 비, 안개, 눈이 올 경우에는 어떠한 상황이 발생할 것인가?

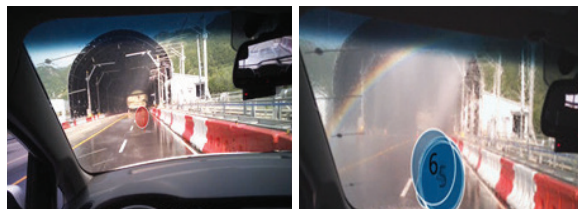
첨단차량의 안정적 주행을 위해서는 첨단도로 인프라와의 협업이 무엇보다 중요하다. 현재의 기술 수준으로 볼 때 일반적으로 맑은 평상 기상조건에서의 첨단차량 자체는 테스트 수행을 대부분 감당할 수 있겠지만, 악천후(악조건) 도로 상황에서는 어떠한 형태이건 첨단도로 인프라의 역할이 더욱 증가할 것으로 사료된다.

예를 들어 첨단 센서 중 비전 기반의 LDWS의 차로 인식률을 강우강도 및 안개 농도별로 테스트하고, 악천후 기상조건에서 인식률을 극대화할 수 있는 도로안전시설 연계 테스트 수행 결과, 악천후 기상조건에서 비전 기반의 LDWS는 생각보다 인식률이 극히 저조했다.

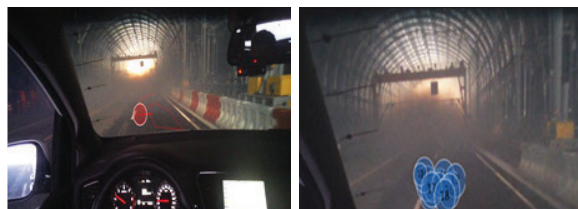
그림 3. 기상 조건별 운전자 주시점 분포



정상 기상 조건

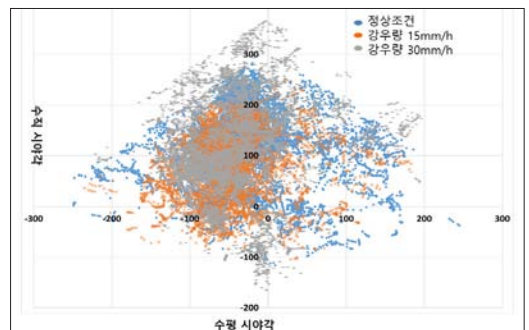


강우 조건

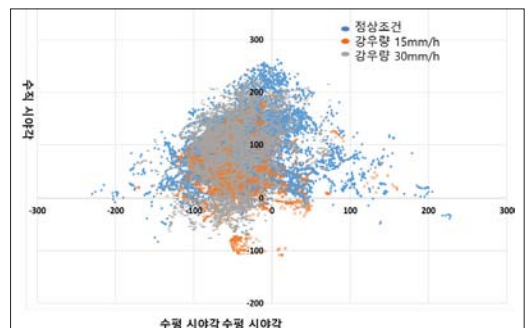


안개 조건

그림 4. 주행속도와 강우강도별 운전자 시야범위 분포



주행속도 30kph



주행속도 60kph

그림 5. 작업부하(강우강도)의 강도에 따른 관심영역 주시시간 변화도

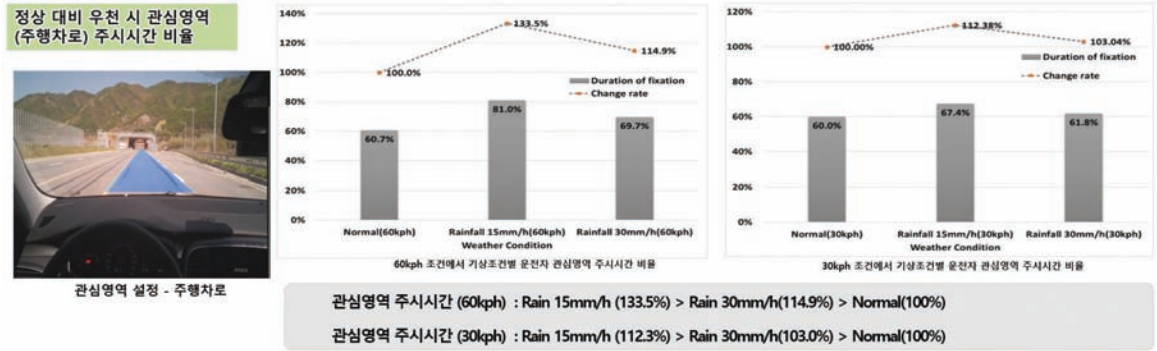
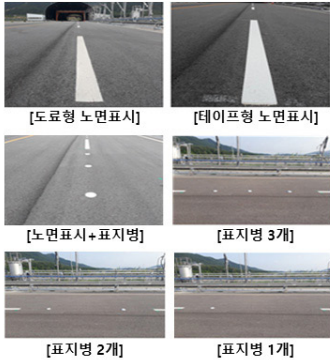
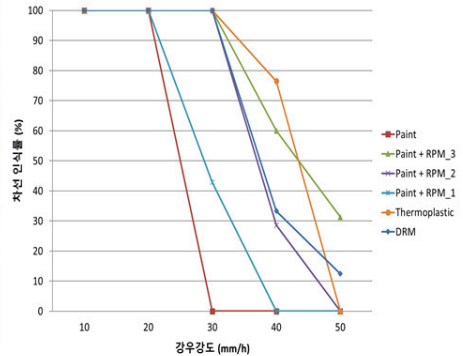
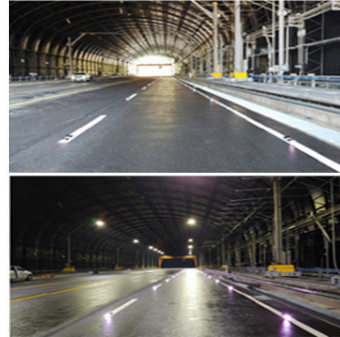


그림 6. 기상 및 노면표시 조합별 차선 인식률

- 노면표시 페인트, 테이프, 재귀반사식 표지병



- LED 표지병



만약 LDWS보다 진보된 LKSA 탑재 시 빈번한 차로 인식 불능으로 운전자에 지나치게 빈번한 경고를 줄 것이다(스티어링 휠을 잡으라는 음성경고 또는 진동 등). 이는 오히려 운전자의 작업부하를 높이는 원인을 제공하여 ADAS의 효과를 급격하게 낮추는 부작용으로 작용할 수 있다.

정상 기후조건(건조 노면)에서의 LDWS 인식률은 96.0%로 매우 높았으나 시정거리 100m 미만의 경우에는 32.2%, 강우강도 30~40mm 에서는 27.0%로 인식률이 낮아졌으며, 인프라 연계시스템 조건에서는 정상 기후조건과 시정거리

100m 미만에서 각각 100.0%, 강우강도 30~40mm 에서는 62.5%로 인식률이 향상되었다. 따라서 기존 비전 기반에 RFID 연계 시스템 적용 시 모든 조건에서 약 90% 이상 차선 인식이 가능하여 현재보다 안정적인 주행이 가능할 것으로 판단된다.

이제는 기존 기술의 운전자 기반 차량과 첨단차량 (Autonomous 제외)을 모두 아우를 수 있는 틈새기술 (공백기술) 대안 모색이 시급하다.

### 3.3. 충분한 실증테스트를 통한 시장 진입 필요

잘 만들어진 새로운 제품이나 시스템이 도로 현장에

그림 7. 자율차량, 도로조건, 인프라 상호간의 교통안전 향상 방안

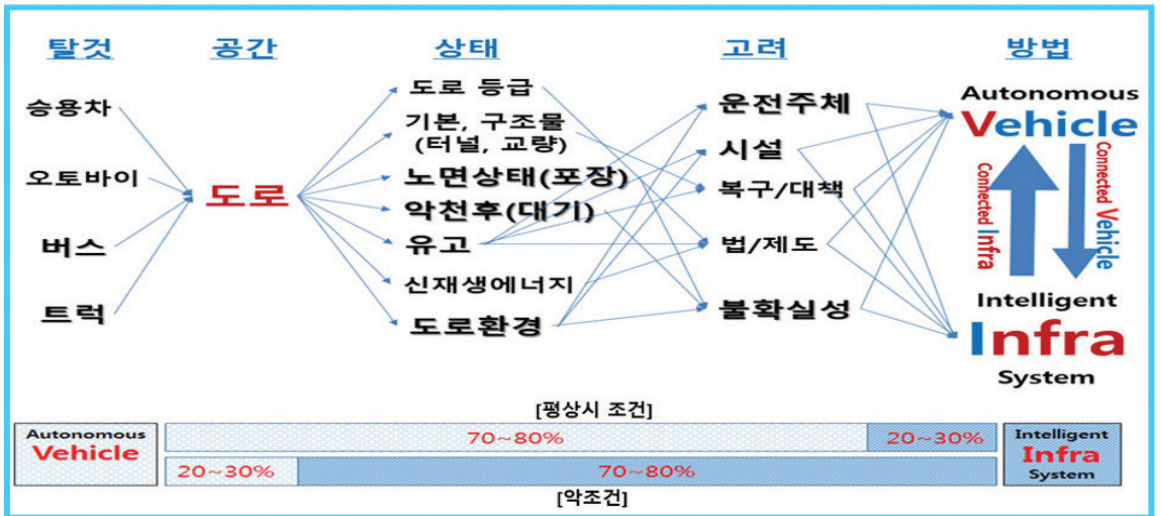
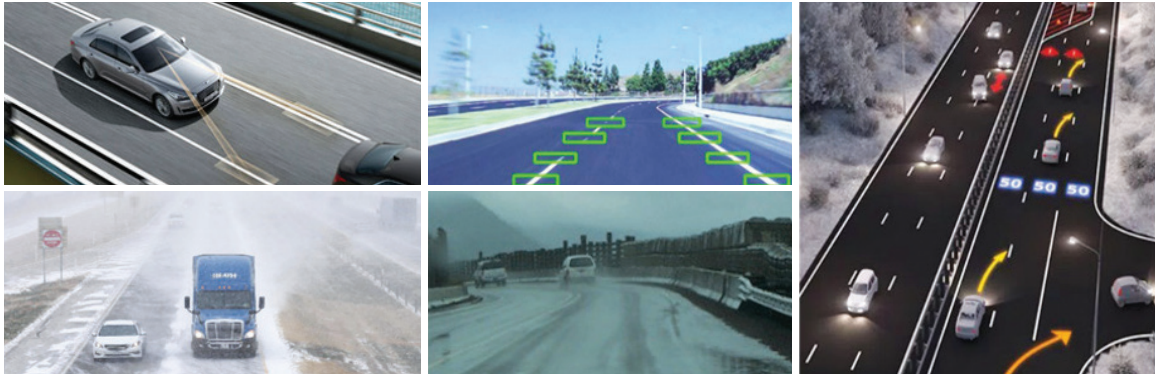


그림 8. VISION 기반 LDWS 및 인프라 연계 RFID 검지율

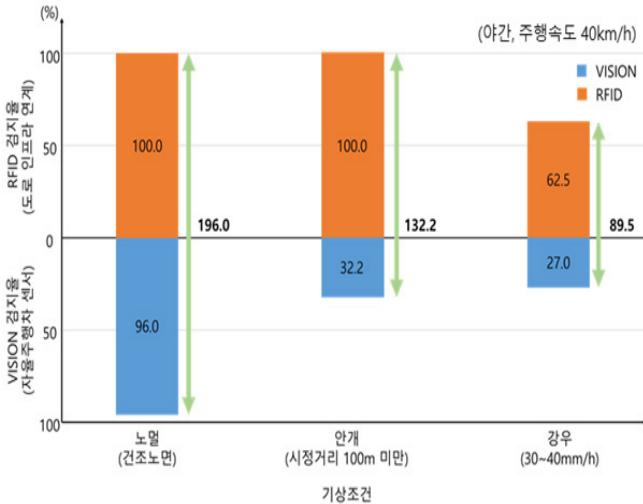
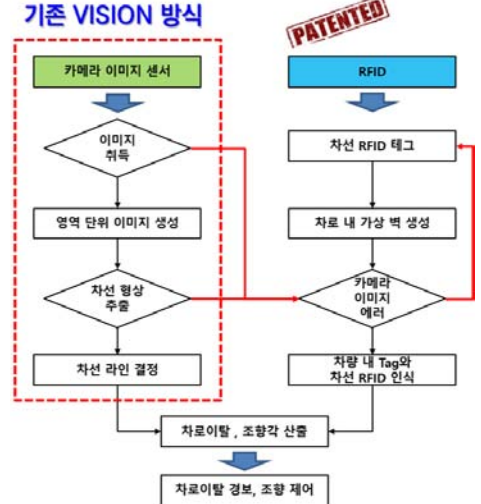


그림 9. VISION과 인프라 연계 RFID 연계 LDWS 운영 로직



설치되기 전에 충분한 On/Off-road test를 거쳐야 한다. 이는 기술실용화 측면에서 매우 중요한 부분이다. 왜 국가 R&D에서 개발되고 만들어진 제품이나 시스템이 정상적으로 실용화 트랙에 안착되지 못하는 이유를 곰곰이 생각해 볼 필요성이 있다. 기상재현도로 실증센터는 공공기술 성과물의 실증검증을 통한 국가기준반영, 인프라 사업 적용의 선순환 구조에 기여할 수있기를 기대해 본다.

3.4. 현재와 미래를 모두 아우를 수 있는 기술 개발 필요

먼 미래를 위한 기술개발도 중요하지만, 현재 시점에서 적용 가능한 틈새기술에 대한 지속적인 연구 개발과 투자가 필요하다. 모든 차량이 자율차량(Level 5)이 된다는 청사진 하에서는 차선을 포함한 여타 교통안전시설이 필요 없을 것이다. 자동차가 달리는 도로에는 도로포장만 해 놓으면 알아서 차로를 지정하여 주행할 것이다. 이러한 조건에서 주행할 수 있는 첨단 센서가 탑재된 자율차량의 개발 트랙은 도로교통 안전과 관련 산업분야 발전에 매우 중요한 부분이다. 물론 여기에는 자율차량과 첨단 도로교통 인프라 개발에 막대한 예산과 시간이 필요할 것으로 예상된다.

4. 마무리 글

“눈(雪)이 눈(目)을 가린다”라는 말처럼 내리는 눈(雪)이 운전자의 눈(目)을 가리고 첨단차량의 센서(비전 등)를 가려 제 기능을 하지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 상황은 대형 교통사고를 유발하고 사회적 문제로 대두된다. 매번 반복되는 도로상의 안개 문제, 강우로 인한 차선 및 전방 시인성 문제, 눈(결빙, 블랙아이스 등)으로 인한 제동 불능 문제에 대한 솔직하고 담백한 기술의 적용과 지속적인 관심, 투자가 이루어져야겠다. 기존에 교량구간에 안개 대책에 대한 솔루션이 있음에도 불구하고 안개 사고의 원인은 무엇이었을까?

물론 주행속도의 문제 등 여러 이유가 있겠지만 필자는 궁금하다. 안개 대책의 일환으로 VMS를 설치하고 안개 경고 문구를 표출하여 운전자에게 경각심을 주었다라고 하는데 정작 당시 시정의 안개에 VMS 표출 문자나 심볼이 운전자에게 잘 보일 수 있을까? 그렇지 않은 경우가 대부분일 것으로 판단된다. 왜냐하면 대다수가 안개 농도별로 적정 휘도를 테스트해 보거나 검증해 보지 않았을 것으로 판단되기 때문이다

앞으로 우리는 ‘어떠한 방향으로 기술의 진보를 활용할 것인가’와 ‘어떻게 틈새기술의 공략을 통해 도로교통의 안전성을 확보할 것인가’가 중요한 관건일 것이다. **ST**

그림 10. R&D 연구결과의 실용화 절차도



NEW TECHNOLOGY + 01

# 제3종시설물 도입과 운영관리 특성

백동현 / 국토교통부 시설안전과 주무관

제3종시설물은 공중의 안전 확보와 국민의 복리 증진이라는 국가의 책임을 이행하기 위해 필요한 제도이지만 민간이 부담해야 할 안전관리 비용을 지방자치단체에 전가하는 효과가 있다. 실제 작동하는 제도를 통해 국민안전을 확보하고자 한다면 지방자치단체에 대한 재정적 보완이 검토되어야 할 것이다.



## 1. 제3종시설물 도입

### 「재난 및 안전관리 기본법」 특정관리대상시설

우리나라의 시설물 안전관리에 대한 이행력을 확보하고 있으며 강제력도 부여하고 있는 대표적인 법령으로 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」이 손꼽히며, 마찬가지로 소규모 시설물의 안전관리도 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따른 제3종시설물이 대표되고 있다. 제3종시설물은 그 역사를 「재난 및 안전관리 기본법」에 따른 특정관리대상시설에 두고 있어 「재난 및 안전관리 기본법」 및 특정관리대상시설에 대한 이해는 우리나라 소규모 시설물 안전관리의 과거와 현재를 이해하는데 도움이 될 수 있다.

「재난 및 안전관리 기본법」은 재난을 자연재난과 사회재난으로 분류하고 있으며, 시설물과 관련한 화재, 붕괴, 폭발 등 (사회)재난 예방을 위하여 필요한 경우 특정관리대상시설을 지정하고 시설물 안전관리 (안전점검)가 이루어지도록 하였다. 특정관리대상시설은 중앙행정기관·지방자치단체·공공기관 등 재난관리 책임기관에 안전점검 및 관리의무를 부여하였으며, 이에 따라 대부분의 민간 건축물 안전점검도 지방자치단체에서 대신하였다. 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따른 제3종시설물은 민간과 공공을 구분하지

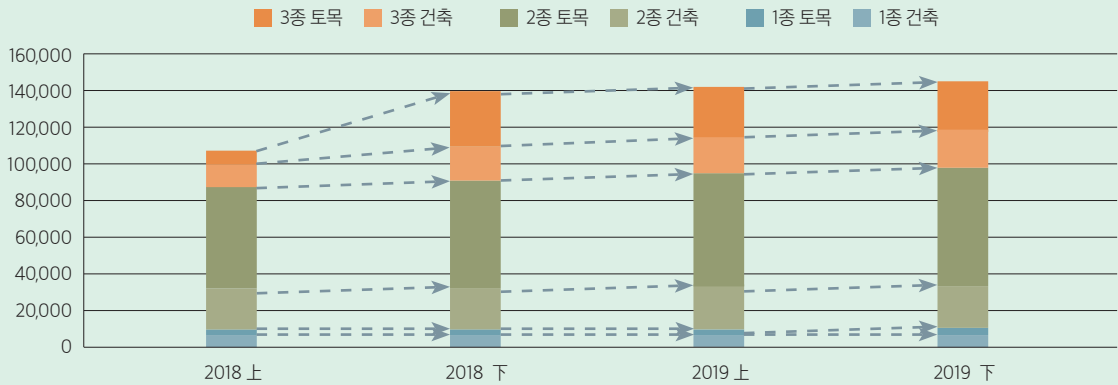
않고 관리주체에 안전관리 책임을 부여하는 반면 특정관리대상시설은 재난관리 책임기관에 안전관리 책임이 있었다는데 가장 큰 차이가 있다.

### 시설물 안전관리 일원화

세월호 사고를 계기로 정부는 재난·안전 관리체계 전반을 원점에서 재검토하여 근본적인 안전 혁신방안을 담은 「안전혁신 마스터플랜(2015, 정부합동)」을 수립하였다. 「안전혁신 마스터플랜」의 100대 세부 과제 중 하나인 ‘시설물 안전관리 강화’ 일환으로 국토교통부와 舊국민안전처로 나뉘고 있는 시설물 안전관리 주관부처를 국토교통부로 일원화하여 중복 규제와 혼선을 방지하고 전문성을 강화할 수 있는 토대를 마련하였다. 이를 실현하기 위해 특정관리대상시설이 제3종시설물로 편입되었다.

특정관리대상시설 안전관리체계의 주요 문제점으로 ▲민간의 안전의식 부족으로 인한 위험 방치, ▲잡은 안전점검 빈도와 점검 대상시설 및 점검분야(전기, 가스, 기계 등) 중복으로 인한 소유자 반발, ▲지방자치단체의 안전관리 전담인력 및 점검자(공무원) 전문성 부족에 기인한 안전점검 실효성 저하 등이 제기되었다. 제3종시설물로 편입 관리됨에 따라 (민간)관리주체에 안전관리 책임 부여, 각 부처 개별법에 의해 중복 관리\*되고

그림1. 제3종시설물 지정 현황(FMS 등록기준)



있는 시설물 및 점검분야(전기, 가스, 기계 등) 제외, 전문 자격자에 의한 안전점검 및 진단의 실시 등 개선이 이루어졌다.

\*공사장, 삭·궤도, 유선 및 도선, 대형광고물, 스키장 및 유원시설, 수상레저시설 등

## 2. 제3종시설물 현황 및 특징

### 제3종시설물 현황('19.12월 시설물통합정보관리체계(FMS) 등록기준)

제3종시설물로 48,374개소가 지정되었으며 이중 건축물 27,725개소, 교량·터널 20,228개소, 기타 토목 시설물 421개소로 나뉜다. 2018년 상반기 제3종시설물은 18,757개소로 1·2·3종 전체 시설물 109,134개소 중 17% 수준이었으나, 2018년 하반기 46,978개소로 급격히 증가하였으며 2019년 제3종시설물은 48,374개소로 전체 시설물 147,651개소 중 33%를 차지하고 있다.

제3종시설물이 도입된 2018년 단기간에 많은 시설물이 신규로 지정된 후 완만한 증가 추세를 보이고 있다. 제도 도입 초기 지방자치단체 등 지정기관이 제3종시설물 대상을 구(舊)특정관리대상시설로 한정하는 경우가 많았으나, 건축행정정보시스템(세움터) 등 정보시스템을

활용하여 대상 시설물을 확대하여 인식하고 있다. 또한, 국토교통부의 「제3종시설물 지정을 위한 실태조사 매뉴얼」 배포(19.8월)가 원동력이 되어 지정기관에서 제3종시설물 지정이 지속적으로 이루어지고 있음을 감안할 때 제3종시설물 수는 지속적으로 증가할 것으로 예측된다.

제3종시설물은 대상 범위를 준공 후 10년~15년이 경과한 일정 규모 이상의 건축물 또는 토목시설물로 정하고 있어, 준공시점부터 관리되는 제1·2종시설물에 비해 시설물 노후율이 높음에 따라 안전등급에 하향평준화 경향이 있을 것으로 우려하는 시각이 있다. 이와 관련 제3종시설물이 대폭 증가한 2018년 상반기와 하반기 간에 전체 시설물의 안전등급 비율\*은 특정할만한 차이를 나타내지 않고 있어, 제3종시설물의 도입이 관리대상 시설물의 평균 안전도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

\* (전체 A·B등급 비율) '18.상 76% → '18.하 72% → '19.상 82% → '19.하 85%

하지만, 제3종시설물 도입 이후 취약시설물(D-E등급)이 급증하고 있음은 시설물 안전관리에 유의할만한 점이다. 제3종시설물의 안전등급은 정기안전점검으로도 산출되고 있다. 이에, 각 시설물의 위험요인이 해소되기까지는 정밀안전점검·진단 및 보수보강 실시와 그에 필요한 자원

그림 2. 시설물 안전등급 현황

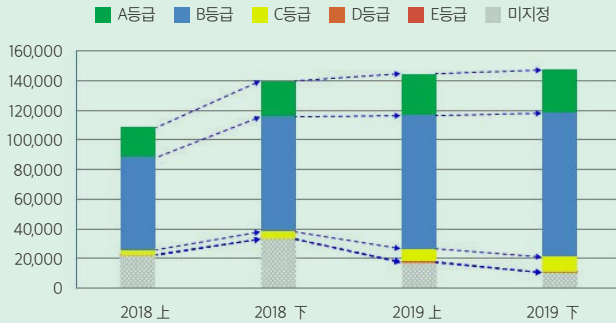
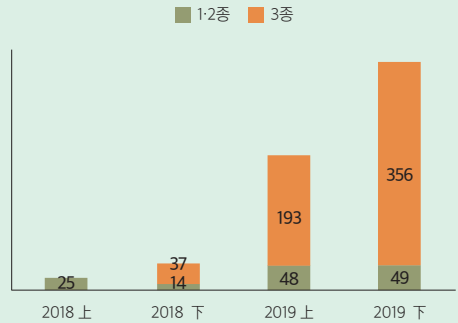


그림 3. 취약시설물 현황



마련의 절차를 반복적으로 필요로 한다. 이러한 이유로도 제3종시설물 도입으로 인한 취약시설물의 장기화 및 증가는 필연적임에 따라 시설물 안전관리 정책 및 기술도 취약시설물 관리에 보완될 필요가 있다.

### 제3종시설물의 특성

시설물의 유형 및 규모에 따라 정해져 처음부터 관리주체 책임 하에 관리되는 제1·2종시설물과 달리 제3종시설물은 지방자치단체 등 지정기관이 대상 범위 시설물에 대하여 안전상태 판단을 위한 실태조사(안전점검)를 실시하고 필요한 경우 지정하도록 하고 있다. 이에 지정기관은 민간시설물이더라도 제3종시설물 범위에 해당하는 경우 실태조사를 반복적으로 실시해야하는 의무가 추가되었다.

제3종시설물은 상대적으로 규모가 작아 경제적 관리역량이 열약한 민간관리 주체가 포함되어, 국민주택규모 이하인 30세대 미만의 공동주택과 영세성으로 국가 또는 지방자치단체의 지원을 받고 있는 소유자 시설 등 민간관리주체에 대해 안전점검을 지원하고 있다. 이러한 경우 소유 시설물이 아님에도 지방자치단체(시·군·구)가 안전점검을 대신하도록 하고 관련 비용을 부담하고 있다.

제3종시설물은 공중의 안전을 확보와 국민의 복리증진이라는 국가의 책임을 이행하기 위해 필요한 제도이지만 민간이 부담해야 할 안전관리 비용을 지방자치단체에

전가하는 효과가 있다. 실제 작동하는 제도를 통해 국민 안전을 확보하고자 한다면 지방자치단체에 대한 재정적 보완이 검토되어야 할 것이다.

### 3. 제도 현황 및 이슈

#### 제3종시설물 범위

제3종시설물의 범위와 관련하여 옹벽이 토목분야 별도 유형으로 분류되는 등의 내용을 포함하여 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령」이 개정(2020.1.7.)되었다. 제3종시설물은 제1·2종시설물보다 작은 규모 중 관리가 필요하다고 인정되는 시설물을 범위로 하고 있으며, 특히 공동주택 외 건축물의 경우 「건축법 시행령」에서 규정하는 준다중이용 건축물과 규모의 유사성을 갖는다.

공동주택 외 건축물 중 연면적 500제곱미터 이상의 문화 및 집회시설, 300제곱미터 이상의 위락시설 등을 제3종시설물의 범위로 포함하고 있는데, 이는 구(舊) 특정관리대상시설이 전기, 가스, 화재 등으로 인한 사회재난의 예방을 위해 대상 시설물을 관리함에 따른 것으로 판단된다. 개별법에 의한 중복관리 현황 해소가 시설물 안전관리 일원화 필요성에 대한 문제인식이었음을 고려할 때 차후 제3종시설물 범위에 대한 검토가 추가될 수 있을 것으로 보인다.

### 제3종시설물 지정을 위한 실태조사

2018년 12월 우리나라에서 손꼽히는 경제 활동이 이루어지는 강남구에 위치한 건축물에서 긴급히 사용제한을 하는 소동이 발생했다. 해당 건축물의 기둥 단면이 손실되어 있었으며 정밀안전진단 결과 E등급으로 판명되었다. 해당 건축물은 제3종시설물 대상이었으나 지정 필요성 검토 시 마감재로 인해 상태를 확인하지 못하여 양호로 판단되어 지정되지 않았다.

이로 인해 제3종시설물 지정을 위한 실태조사의 중요성이 부각되었으며, 지정기관이 자율적으로 실시하던 실태조사와 관련하여 국토교통부는 「제3종시설물 지정을 위한 실태조사 매뉴얼」을 배포하여 관리하고 지방자치단체는 민간시설물에 대한 실태조사를 강화하여 실시하고 있다. 하지만, 재정이 열악한 지방자치단체가 수많은 민간 건축물 등에 대하여 단기간에 그리고 반복적으로 실태조사를 실시하는 데는 많은 인력과 예산이 수반됨에 따라 어려움이 예상된다. 보다 경제적이고 신뢰도 있는 실태조사가 이루어질 수 있도록 제도적 기술적 뒷받침이 필요하다.

### 안전점검 및 안전등급

안전등급은 관리주체에 시설물의 상태를 객관적으로 인식하고 그에 따른 유지관리 계획을 세우도록 하는 기준이 된다. 제3종시설물은 정기안전점검을 통해 안전등급을 산출토록 하고 있으나 지금까지 정기안전점검(제1·2종시설물 대상)은 안전등급 산출을 위한 면밀한 상태 평가이기보다는 관리주체가 자체적으로 개괄적인 위험요인을 발견하는 수단으로 인식되어 그 결과보고서가 충분치 못한 경우가 발생하고 있다.

더욱이, 정기안전점검은 안전점검 결과 평가 대상에서 제외되고 있으며, 현재의 정기안전점검 결과보고서는 그 적정성을 평가하기에도 불충분하게 작성되는 경향이 있다. 제3종시설물에 대해서도 안전등급이 본연의 역할을 할 수 있도록 정기안전점검에 대한 인식 개선과 안전등급 신뢰도 확보를 위한 방안이 검토되어야 한다.

그림 4. 강남구 건축물 기둥 단면 손실



## 4. 나아갈 방향

우리나라의 저성장 기조에 대한 해결책으로 신산업 육성과 양질의 일자리 창출에 관심이 높다. 2019년 2,400여 개의 안전진단 업체가 3,300억 원 규모의 안전점검을 실시하였다. 안전진단(점검)업은 아직 그 규모가 큰 편은 아니지만 시장이 연평균 10% 이상 성장하고 있어 유망한 산업으로 발전이 기대된다. 그럼에도 다수의 안전진단업체는 등록기준을 겨우 충족하는 소규모로 운영되고 소속 기술자는 겨우 최저임금 이상을 받는 등 요구되는 경력 및 전문성에 비해 낮은 수준이다. 저가수주의 불공정 관행 개선 및 기술자의 임금 상향 등 안전진단업이 갖고 있는 문제점을 해결하고 양질의 일자리를 창출하는 산업으로 탈바꿈해야 한다.

대부분의 산업 성장기에는 다양한 제도·정책적 지원을 필요로 하듯 안전진단업 분야에도 불합리한 규제 완화, 시장 형성에 마중물 역할을 할 수 있는 공공분야의 적극적 재정 지원 및 투자, 정부의 중장기적 기반기술 개발 및 민간 기술개발 지원, 불공정에 대한 감독 강화 등 다양한 제도·정책이 요구된다. 이를 통해 안전진단업에 인력 및 자본의 유입 → 공정한 경쟁시장 조성 및 성장기반 마련 → 안전점검 제도 및 기술의 고도화 → 시설물 안전관리(점검) 내실화의 선순환적 효과가 발생하기를 기대한다. [ST](#)

# 글로벌 수준의 기술력을 인정받고 있는 세계의 수리실험실

김수진 / 서울기술연구원 생활환경연구실 연구위원

수리모형실험은 댐, 보, 수제, 배수갑문 등 물에 접하는 구조물의 축소(혹은 확대) 모형을 만들어 직접 물을 흘려 현상을 관찰하고, 구조물과 지형에 물이 주는 영향을 예측함으로써, 안전하고 예산 절감이 가능한 구조물을 설계하고 재해에 대비할 방안을 제시하도록 하는 물 인프라 사업 시행에 있어 꼭 필요한 연구 방법이다. 인프라 사업에 따라 수행 규모 및 기간이 결정되지만, 기본적으로 갖추어야 할 시설로 인해 비용의 규모가 크므로 수리실험실을 한번 구축하게 되면 영구적인 시설로 활용하게 되는 경우가 많다. 그러나 수리실험실을 영구적인 시설로 활용하더라도 실험의 특징 및 연구 수행 목적에 따라 기존 모형의 재활용은 쉽지 않은 실정이다. 따라서 최근에는 수리실험실별로 특징적인 수로와 고도화된 실험 설비를 구축하여 실험 연구 수요에 대한 세계적인 경쟁력을 갖추고, 수리실험 시설의 구축비용 대비 활용성과 경제성을 높이는 추세이다.

## 1. 전통적인 수리실험 기관의 발전

오랜 수리실험 역사로 그 전통성과 우수한 연구 성과를 인정받고 있는 세계적인 수리실험실로는 영국의 HR Wallingford, 네덜란드의 Deltares, 독일의 BAW, 일본의 PWRI 등이 있다. 대부분 100년 내외의 역사가

수리모형실험은 실제 구조물을 축소(혹은 확대)·설치해 눈으로 직접 홍수 등에 대한 안전여부를 확인할 수 있는 실험 방법이다. 최근에는 수리실험실별로 특징적인 수로와 고도화된 실험 설비를 구축하여 실험 연구 수요에 대한 세계적인 경쟁력을 갖추고, 수리실험 시설의 구축비용 대비 활용성과 경제성을 높이는 추세이다.

있으며, 초반에는 일반적인 토목 인프라의 구축을 위한 기본적인 수리실험실로 설립되었다. 그러나 이러한 수리실험실들이 현재에도 세계적인 실험기관으로 거듭날 수 있었던 데에는 기존의 실험방식과 명성에 머무르지 않고, 그 나라의 하천 및 수리 수문 조건을 가장 잘 반영할 수 있도록 실험시설을 개발하여 다른 실험실에서는 수행할 수 없는 특화된 인프라 사업 및 환경개선 연구를 수행하였기 때문이다. 특히, 각 실험시설에서 추구하는 특징들과 도출된 연구 성과(표 참조)는 해당 국가가 가진 수리실험 수준의 국제적 위상을 공고히 하고, 전 세계 관련 연구자와 공무원들에게 관련 연구에 대해 참고하기 위해 해당 국가 및 도시를 방문하도록 하는 데 결정적인 역할을 하였다.

## 2. 차세대 수리실험 기관의 역할

전통적으로 구축된 실험 시설이 아님에도 불구하고 세계적인 규모의 실험 시설과 최첨단 기술이 도입된 실험 장비들로 인해 차세대 수리실험 기관으로 주목받는 곳이 있다. 미국의 루이지애나주립대학교 하천연구센터(Louisiana State University Center for River Studies)이다. LSU Center는 루이지애나주 Mississippi강 288km 구간의 수심 및 퇴적물의 이동을 시뮬레이션할 수



표 1. 전통적인 세계의 수리실험연구소

| 연구소                    | 특징  |
|------------------------|---|
| HR Wallingford<br>(영국) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ship Simulation Center</li> <li>- 항만 내에서 배를 운전하는 시뮬레이터를 개발하여 항만설계에 활용</li> <li>- 시뮬레이터 내의 파도, 바람, 해류가 수리학적 이론에 근거하여 배의 움직임에 영향을 미침</li> </ul>  |
| Deltares<br>(네덜란드)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deltares Aqua Monitor</li> <li>- 위성 이미지를 사용하여 지구의 지표수 변화를 감지하는 소프트웨어 개발</li> </ul>   |
| BAW<br>(독일)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Model of the River Lahn - Lahnstein Barrage</li> <li>- Lahn 강에 있는 Lahnstein 보를 1:10 배율의 물리적 모델로 구축</li> <li>- 어로 설계 시, "생태계 연결성 복원" 목적으로 제작</li> <li>- 모든 지점의 수위와 유량을 자동으로 측정하는 설비 개발</li> </ul> |
| PWRI<br>(일본)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연공생연구센터</li> <li>- 자연형 하천조성사업을 위한 하천실험시설로 하천 자연 보전 및 복원 연구시행</li> <li>- 1개의 곧은 강, 2개의 구부러진 강 총 3개의 수로에서 목적 맞춤형 실험 수행</li> <li>- 홍수 등 다양한 수문현상과 수변구조물, 자연 생태를 구현할 수 있는 다양한 장치개발</li> </ul>       |

있는 초대형 물리적 모델을 구축하여 해안 복원 및 하천 관리 연구에 활용하고 있다. 이를 위해 Mississippi 강 주변 지형에 대한 40억 개의 데이터를 이용하였으며, 20대의 고해상도 프로젝터가 위에서 수리모형을 비춰 다양한 상황을 연출할 수 있다. 해수면 상승 반영이 가능하고, 수리실험 모형을 사용하는 것이 컴퓨터로 모델링을 하는 것보다 시간이 단축된다는 특징이 있다. 또한, 협업 공간을 제공하여 방문 과학자, 엔지니어, 연방 또는 주 정부 기관 직원들이 다양한 하천 복원 및 해안 보호 전략을 세우는 창조적 공간으로 활용되고 있으며, 2018년부터는 학생 교육 및 하천 홍보를 위해 민간에 개방되어 크게 주목받았다. LSU Center는 최첨단 기술 도입을 통해 전통적인 국제 수리실험 기관들과 어깨를 나란히 할 수 있는 경쟁력을 갖추고, 공간 활용의 다각화를 통해 차세대 수리실험 기관의 역할과 비전을 제시하고 있다. [siti](#)



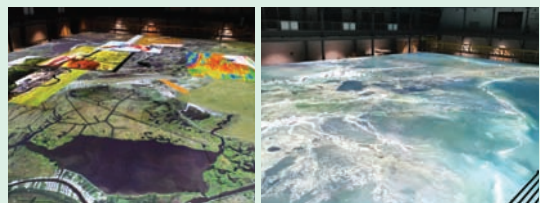
영국 HR Wallingford의 Ship Simulation Center

출처: 해당기관 홈페이지



독일 BAW의 라인강 수리실험 시설

출처: 해당기관 홈페이지



미국 LSU Center for River Studies의 최첨단 연구시설

출처: 해당기관 홈페이지

# 우리 집 기상관측 시스템, ‘TEMPEST’

최우석 / 서울기술연구원 기후환경연구실 수석연구원

우리 동네에만 비가 오나? 매일 아침, 온라인을 통해 날씨 정보를 확인하고 출근길에 나섰지만 현재 날씨조차도 내 주변과 다른 경우를 종종 볼 수 있다. 이는 시민들에게 제공되는 기상 정보가 특정 관측소를 기준으로 수십년 이상 수행되면서, 그 지점으로부터 거리상으로 멀어지면 기상 상황이 달라질 수 있기 때문이다. 서울은 종로구 송월동에 위치한 기상대에서 기상관측이 이루어지고 있는데, 최대 20km 떨어진 지역까지 행정구역 상 서울이므로 같은 날씨 정보를 제공받고 있다. 그러나 도시에서는 고층빌딩이 밀집하여 복잡한 공간적 구조를 보이며 아스팔트 도로와 보도블록 등 불투수 지표면의 증가 및 시가지 확장으로 인해 지역별로 균일하지 않고 다양한 날씨를 체험할 수 있다.

연구에 활용되고 시민들에게 제공할 수 있는 정밀한 기상관측은 기상관측 표준화법을 따라 제어된 환경에서 수행되어야 하겠지만 최근 스마트 홈 기상관측 기술이 발달하며 개인을 중심으로 간이 기상관측 장비가 보급되고 있다. 기상관측 장비를 집 주변에 5분 이내로 쉽고 간단하게 설치할 수 있으며, 설치 후 태양열을 이용한 전력 생산으로 유지·관리가 거의 필요 없다. 온도, 습도, 풍향, 풍속뿐만 아니라 태양복사에너지, 강우 강도 및 강우량, 해면 기압, 번개 등을 많은 기상 요소들의 정보 획득이 가능하다. 또한 측정 자료들의 품질 관리에 머신러닝 기법을 활용하여

만약 기상청에서 알려주는 일기예보와 내가 사는 집 주변 일기예보를 종합적으로 알 수 있다면 어떨까? 최근 스마트 홈 기상관측 기술이 발달하며 개인을 중심으로 간이 기상관측 장비가 보급되고 있다. TEMPEST는 개인용 기상관측 장비로 시시때때로 변하는 날씨에 보다 유연하게 대처할 수 있다.

노이즈를 제거한다. 실시간 측정 자료들을 온라인 모니터링 및 공유가 가능하며 핸드폰 애플리케이션을 통해 접근도 용이하다. 같은 장소에서 인력이 상주하며 세심하게 관리하는 유인 기상관측소가 기준 지점으로써 가장 의미가 있겠지만 도시에서 발생하는 복잡한 기상 현상들을 모니터링하고 이해하기 위해 미래에는 사용자 중심의 더 많고 세밀한 개인 기상관측망의 활용을 기대해본다. **ST**



개인용 기상관측 장비(TEMPEST)와 핸드폰 애플리케이션의 연동<sup>1)</sup>

1) <https://weatherflow.com/tempest-weather-system/>

NEW TECHNOLOGY + 04

# 웨어러블 웰니스 기술 진화 방향

문성철 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원



최근 헬스케어 분야에서는 AI·IoT·AVR 등 융복합 기술이 본격적으로 적용되면서 의료기기와 구분이 모호한 많은 웨어러블 웰니스 기술·제품·서비스의 상용화가 추진되고 있다. 이에 식품의약품안전처는 의료기기를 구분하는 기준을 마련하여 관련 신산업 육성을 추진하였다. 본고에서는 웰니스의 등장 배경과 신산업 육성 정책 이후 웨어러블 웰니스 기술의 미래 진화 방향을 논의하고자 한다.

## 1. 의료·웰니스 분류 기준 및 최신 웰니스 제품 기술 소개<sup>1)</sup>

웰니스라는 단어는 웰빙(Well-being)과 행복(Happiness), 건강(Fitness)의 합성어로 광의의 개념에서 균형 잡힌 영양, 정서적 안정, 신체적인 건강 유지 등을 지향하는 기술·제품·서비스·플랫폼 등을 통칭한다. 시장상용화 관점에서는 웰니스 제품은 인체에 미치는 위해도와 사용목적의 표현에 따라 다음과 같이 구분된다.

| 위해도 | 사용 목적 | 치료·진단·예방 등 의료용 문구 사용 | 자가 건강관리용 문구 사용 |
|-----|-------|----------------------|----------------|
| 고   |       | 의료기기                 | 의료기기           |
| 저   |       | 의료기기                 | 웰니스 기기         |

※ 고위해도·저위해도의 구체적 판단 기준: 생체적합성 문제(착용 시 피부질환 등 유발)를 야기하는지, 침습적인지(체내에 삽입되는지), 사용 의도대로 작동하지 않을 경우 상태 등의 위험이 있는지, 생명과 관련된 위급 상황을 탐지하는지의 여부에 따라 구분

〈그림 2〉에서 보는 바와 같이, 외관상 유사한 웨어러블 기기라도 사용 목적과 위해도에 따라 웰니스 제품으로 분류될 수도 있고 임상시험과 식약처 인증이 요구되는 의료기기로 분류될 수 있다.

## 2. 웨어러블 웰니스 기술의 미래 진화 방향<sup>2)</sup>

웨어러블 웰니스 시장은 최근 착용 및 사용편의성 대비 건강관리 효용성 및 지속 사용성 등의 한계로 잠시 주춤하는 모양새이다. 그러나 의료기관을 거치지 않고, 사용자 스스로가 만들어 내는 데이터를 창출한다는 점 때문에 미래 건강관리 플랫폼의 중요한 한 축을 담당하게 될 것임은 의심할 여지가 없다. 1년 중 특정 기간에 병원에 방문해 한시적 기간 동안 축적된 데이터와 환자의 일상생활 전반에서 수집된 데이터를 비교하면 양과 질 모두에서 엄청난 차이가 존재한다. IBM은 과거 헬스케어

그림 1. 의료기기와 웰니스 제품 분류 기준<sup>1)</sup>



그림 2. 최신 웨어러블 웰니스 제품과 의료기기 제품 동향<sup>2)</sup>

| 제품명(업체명) | AMO+<br>(AMO Lab)  | Deep Sleep Headband<br>(Phillips)  | MEMO Watch<br>(휴이노)  | Abilify MyCite<br>(오츠카제약과 프로테우스<br>디지털 헬스 공동개발)  |
|----------|--|--|--|--|
| 카테고리     | 수면질 향상을 위한<br>비침습형 웰니스 기기  | 수면질 향상을 위한<br>비침습형 웰니스 기기  | 질병진단을 위한<br>웨어러블 의료기기  | 질병진단을 위한<br>웨어러블 의료기기  |
| 주요 이미지   |   |   |   |   |
| 주요 특징    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 특정 질병의 치료/진단/예방 등의 목적이 아닌, <b>수면 건강 관리, 향상을 위한 웰니스 제품</b></li> <li>- 인체 에너지장에 근접한 <b>초미세 강도와 주파수의 전자기 신호로 신체 이완 유도</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 헤어밴드 안쪽에 부착된 센서들이 <b>수면중 뇌파 측정</b></li> <li>- 깊은 잠이 들었을 때 발생하는 서파(델타파)를 감지하여 <b>서파 수면을 지속시킬 수 있는 수면사운드 제공</b></li> <li>※ 서파 수면이 늘어나면 수면 질 향상</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>AI 기반의 분석 알고리즘</b>을 통해 급성 심장사 중 가장 많은 원인을 차지하는 <b>부정맥 진단(99% 정확도)</b></li> <li>- '19년 ICT 규제샌드박스 사업으로 지정되어 향후 2년간 2,000명 이내의 환자를 대상으로 웨어러블 기기를 이용한 심전도 검사 및 병원 결과 전송 가능</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>소화가 가능하도록</b> 특수 제작된 <b>디지털 알약</b>이 배 속 액체와 접촉이 이루어지면, 화나가 착용하고 다니는 웨어러블 기기인 <b>마이스아이트 패치에 정보 전송</b></li> <li>- 이 정보를 의사와 공유하고, 의사는 환자의 체내대사 및 <b>약물의 생리학적 작용 등을 확인한 뒤 필요 조치</b></li> <li>※ 성인 조현병, 급성조증, 양극성 1형 우울장애 등 환자 대상</li> </ul> |

플랫폼 구축을 추진하며, 궁극의 정밀의료는 의료데이터, 유전체 데이터, 행동 및 라이프 사이클을 대변하는 외부 데이터가 통합될 때 가능하다고 발표한 바 있다. 웨어러블 웰니스 데이터는 의료 및 유전자 데이터보다 그 데이터 용량도 압도적으로 클 뿐 아니라, 건강에 미치는 효용도 장기적으로는 비교할 수 없을 만큼 크다. 즉 미래 웰니스의 진화 방향은 정밀의료의 마지막 퍼즐 조각을 맞출 수 있는 일상 건강데이터의 수집 및 분석이 가능하고 사용편의성이 획기적으로 제고된 제품 또는 환경(리모트 센싱)을 구현하는 데 초점이 맞추어질 것으로 예상된다. 우리의 건강관리 데이터는 현재 상용화되어 있는 스마트폰, 스마트 watch, 스마트 벨트 등의 형태보다 웨어러블 편의성이 제고된 형태로서 수집되고, 대용량 생체데이터 분석을 위해 AI 기술과 자연스럽게 융합될 것이다. 다시 말해, 웨어러블 웰니스 산업은 결국 건강관리 데이터 플랫폼의 형태로 통합되어 건강을 실시간으로 관리할 수 있는 방향으로 지속 진화할 것으로 예상된다.

AI 기술의 혁신은 이미 산업 간 많은 경계를 허물고 있고 이러한 거대한 변화는 이미 보이지 않는 곳에서 시작되고 있다. 많은 선도적 AI 기술을 보유한 ICT 글로벌 기업이 이미 생체신호 수집 플랫폼 구축을 시작(Apple Health Kit, Google Fit 등)하고, 의료데이터와의 통합을 목표로 휴먼 데이터의 전방위적 측정을 시도하고 있는 것이 그 방증이다. 스마트폰, 웨어러블 기기로부터 수집되는 생체데이터, SNS 등으로부터 표현되는 디지털표현형 데이터, DTC(Direct to Customer) 개인유전정보 데이터, 의료데이터 등이 통합된 완전한 형태의 미래 건강관리 플랫폼은 진정한 의미의 개인맞춤형 정밀医료를 가능케 할 것이다. [sfr](#)

- 1) 내용 및 그림 출처: 의료기기와 개인용 건강관리(웰니스) 제품 판단기준(식품 의약품안전처 의료기기안전국 2015) 및 관련 웰니스 제품 홈페이지
- 2) 그림 출처: 관련 제품 홈페이지 정보를 기반으로 재구성
- 3) 내용 출처: 디지털 헬스케어 의료의 미래(저: 최윤섭) 및 관련 참고문헌

신기술접수소의 기술제안 대상은 혁신이라는 이름에 빠질 수 없는 4차 산업혁명 관련 기술이 적용된 제품 혹은 서비스이다. 서울기술혁신센터는 신기술접수소를 통해 코로나19 마스크 부족 현상을 대응하기 위한 클라우드소싱 기술 공모를 운영하고 있다.

## 혁신을 이루는 신기술접수소

신인재 / 서울기술연구원 수석연구원

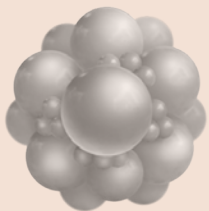
### 신기술접수소 운영 현황

(20년 3월 16일 기준)

신기술접수소는 시정에서 요구하는 기술에 대해 민간의 혁신기술과 우수 아이디어를 제안받아 시정에 활용할 수 있도록 연계하는 클라우드소싱 기술 공모 프로그램을 운영 중에 있다. 서울시 안전총괄과에서는 코로나19의 확산이 급격히 증가하면서 마스크 필터 및 마스크 부족 현상을 해결하기 위해 긴급 공모로 코로나19 마스크 부족 현상 대응 기술 공모를 요청하였다. 이에 신기술접수소에서는 MB필터 대체 가능한 보건용 마스크 필터와 마스크 기능을 대체할 신개념 마스크 기술 공모를 진행하고 있다. 서울시는 이번 기술 공모를 통해 코로나19가 지속되고 있는 현재, 그리고 종식 이후에도 마스크 부족으로 인한 시민들의 안전 및 바이러스 공포를 줄이는 것이 목적이다.

특히, 이번 기술 공모는 국내뿐만 아니라 해외 일반인 또는 전문가들의 해결책을 접수하기 위해 영어, 중국어, 일본어, 아랍어, 스페인어로 공고를 진행하고 있다. 아울러 공공기관을 위한 공공 기술해결 플랫폼인 이노센티브에 마스크 문제 해결을 의뢰하여 접수 경로 다양화를 계획하고 있다. 네이버 광고를 통해 전 국민이 관심을 이끌어 신기술접수소 접속자 수가 3월 16일 기준 2월 대비 2배로 큰 폭으로 증가하였다.

신기술접수소는 앞으로도 서울시에 필요한 기술을 홍보하는데 앞장서서 혁신 기술을 발굴하여 시민들의 생활과 시정의 혁신을 이끌어가기 위해 노력해 나갈 것이다. [sit](#)



코로나19 마스크 대란 대응

# 클라우드소싱 기술공모

도전과제 ① MB필터 대체 가능한 보건용 마스크 필터

도전과제 ② 마스크 기능을 대체 할 신개념의 마스크 또는 기술



**포상금**

- 총 상금 2억원(과제 별 최대 1억원)

▶ 포상금 지급방법

- 과제별 복수선정 가능
- 복수 선정 시, 과제 별 1억원 내에서 분할포상(건당 최대 5,000만원)

※ 상금에 대한 재배분권은 수상자가 부담함  
※ 심사결과 시정내 역은 변경될 수 있으며, 적합한 기술이 없을 시 시상하지 않을 수 있음

**기술공모 신청**

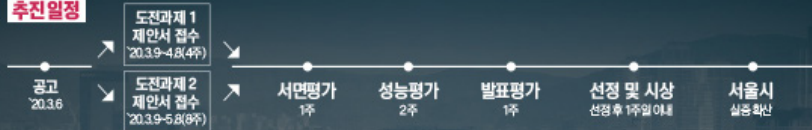
1) 접수

도전과제 1, 2020. 3. 9(월)부터 2020. 4. 8.(수)  
도전과제 2, 2020. 3. 9(월)부터 2020. 5. 8.(금)

2) 접수처

「신기술접수소」(www.seoul-tech.com)

**추진일정**



※ 역량기술 미선정 시 기술공모 기간 연동하여 운영

**참가자격**

국내외 개인(학생포함), 기업, 연구소, 단체등  
문제해결 가능자 누구나

**문의처**

서울기술연구원 기술혁신센터  
(+82-2-6912-0941, innotech@sit.re.kr)

# 지구촌 미래기술의 향연, 미국 CES 2020 탐방기

고종환 / 서울기술연구원 전임연구원

미국소비자기술회(Consumer Technology Association, CTA)가 주관하는 CES(Consumer Electronics Show) 국제전자제품 박람회는 라스베이거스에서 매년 1회 개최되는 세계 최대 규모 소비재 전자전시회로 세계 155개국 4천5백여 개사가 참가하며, 행사 때마다 18만여 명이 찾는 것으로 알려져 있다. 이번 CES에서 서울기술연구원은 컴퓨터 비전 분야 지능형 영상처리 기술, 디지털 헬스케어 기술 동향, 미래교통 혁신 기술 및 자율주행, IoT, ICT 기술 기반 정보 시스템, 혁신 기술의 도시적용 등 CES 2020 주요 내용에 대해 살펴본다.

## 컴퓨터 비전 분야 지능형 영상처리 기술

글로벌 AI 플랫폼의 진화로 소비자 라이프 스타일을 고려한 맞춤형 컴퓨터 비전 기반 AI 솔루션이 등장했다. 삼성전자에서는 네온이란 서비스를 선보였으며 삼성전자 산하 미국 연구개발(R&D) 조직인 삼성 리서치 아메리카(SRA) 산하 연구소인 스타랩이 개발한 3D 디지털 아바타로 Artificial Human을 지향하여 개발하고 있다. 삼성전자에서는 AI 기술을 활용하여 실제 인물 데이터(표정, 제스처 등)를 기반으로 가상 디지털 아바타를 네온이란 이름으로 창조하였으며, 이 아바타는 대화형 운동 트레이너, 기자, 아나운서 등 화면을 통해 송출되는 인물을 대신하여 활용할 수 있는 기술을 선보였다. 현재 상호작용을 통한 대화까지는 다소 미흡한 점들이 보였다.

## 디지털 헬스케어 기술 동향

4차 산업혁명에서 가장 빠른 성장 속도를 보여주는 시장은 디지털 헬스케어 시장이다. CES 2020에는 많은 헬스케어 제품들이 나왔다. 특히 뇌파와 관련된 제품들이 눈길을 끌었다. 필립스에서 선보인 제품은 뇌파 측정 수면헤어밴드 웰슬립 솔루션으로 헤드밴드에서 뇌파 측정 센서를 통해 수면 중 뇌파를 측정하여 분석하는 기법을 선보였다. 그 외에도 웨어러블 장비를 통해 몸이 움직이는 방향으로 힘을 더해주는 장비들도 선보였으며, 이는 재활 또는 작업자의 업무를 지원하기 위한 제품이었다.





인공지능 '네온'



수면질 향상을 위한 비침습형 웰니스 기기



## 미래교통 혁신 기술 및 자율주행

CES 2020에서는 새로운 미래교통을 보여주었다. 미래교통으로는 개인용 항공 모빌리티(Personal Air Vehicle, PAV)와 개인형 모빌리티의 제품들이 선보였다. 현대자동차에서는 미국의 우버와 협업하여 PAV의 새로운 콘셉트를 보여주었다. S-A1이라는 비행체는 활주로 없이 수직 이착륙이 가능하고, 전기를 기반으로 구동할 수 있으며, 조종사를 포함 총 5명이 탑승이 가능한 구조의 미래형 비행체였다. 그 외 개인모빌리티로는 세그웨이의 S-Pod, 나인봇 고카트 등이 선보였다. 이는 교통약자들에게 보다 쉽게 운전할 수 있도록 지원하는 제품들이었다.

## IoT, ICT 기술기반 정보시스템

CES 2020을 통해 사무실의 정보시스템들도 변화될 것으로 보였다. IoT 기반의 사무기기들은 단순히 제품 하나의 성장보다는 AI 플랫폼 기반으로 묶이게 되었다. Google은 Assistant를 기반으로 하고 있으며, Amazon은 알렉사를 기반으로 플랫폼을 구성하였다. 두 회사의 AI는 타 회사 제품들과 높은 연동성을 보여주었으며, 단순히 대화를 하는 것만으로도 전자기기들이 제어가 가능한 수준이었다. 이를 위해 ICT 기술들도 Wi-Fi6, 5G를 선보임으로써 홈에서도 다양한 기기들이 안전성 있게 네트워크 환경에 연결될 수 있는 기반을 마련한 기술을 선보였다.

## 시사점

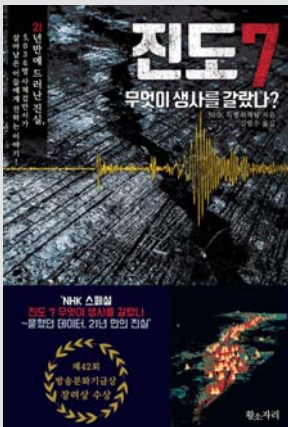
매년 개최되는 CES는 세계의 가전회사들이 선도하는 기술을 선보이는 장이며, 앞으로 미래의 주거환경, 사무환경 등의 변화를 사전에 감지할 수 있는 박람회이다. 이번 CES에서 가장 큰 특징은 AI였다. AI를 활용해서 사람과 똑같은 아바타를 가상현실에서 구현하는 기술과 주거 및 사무환경에서 사용하는 기기들을 AI를 통해 제어하고 활용하는 플랫폼 등이 지속적으로 선보였다. 그 외에도 미래형 개인 항공 모빌리티, 개인 모빌리티 등 개인의 이동성이 다양화되는 미래도 보여졌다. 이번 CES 2020을 통해 서울의 미래는 어떻게 바뀌어갈까 할지를 알아볼 수 있는 소중한 기회였다. [ST](#)

CES 2020 방문기념



# 진도 7, 무엇이 생사를 갈랐나?

고베 대지진의  
참사를 통해 대재앙이  
전하는 교훈



저자: NHK 특별취재팀  
출판사: 황소자리  
출판일: 2018. 11. 15

1995년 1월 17일 오전 5시 46분. 일본 고베시 일대를 진도 7의 강진이 덮쳤다. 많은 사람들이 평온하게 잠들어 있던 한겨울 신세벽의 도시는 아비규환의 지옥으로 돌변했다. 한신·아와지 대지진이라 불리는 이 재난으로 6,434명이 목숨을 잃었다. 이로 인해 전파 혹은 전소한 가옥은 11만 채. 사람들은 활기 넘치던 대도시가 한순간 붕괴해 어제까지 당연했던 삶, 그리고 소중한 가족과 이웃을 잃는 현실을 눈앞에서 목도했다. 그날 이후 일본의 방재 대책은 완전히 달라졌다. 그러나 오랜 시간 대지진을 취재해온 기자들에게는 목에 걸린 가시처럼 쉽사리 제거되지 않은 의문이 남았다. 왜 그렇게 많은 사람이 죽어야 했을까? 혹시 그날의 재앙이 전하는 교훈을 우리가 놓치고 있는 건 아닐까?

〈진도 7, 무엇이 생사를 갈랐나?〉는 현대인의 생활 터전인 대도시를 무참하게 무너뜨린 한신·아와지 대지진의 실상을 탐구해 21년 만에 그 전모를 생생하게 드러낸 감동 리포트이다. NHK 특별취재팀의 끈질긴 노력과 피해자 및 구조 담당자들의 증언, 그 사이 획기적으로 발전한 첨단기술과 전문가들의 연구가 더해져 완성된 이 책은 현재를 살아가는 우리가 미래 어느 때고 맞닥뜨릴 수 있는 대재난에 어떻게 대비해야 하는지를, 사회적·개인적인 차원에서 입체적으로 알려준다.


이 책은 한신·아와지 대지진 희생자 한 명 한 명이 전하는 메시지를 21년 만에 찾아내 미래를 향한 목소리로 재탄생시킨 작품으로 많은 사람들에게 대지진의 공포 및 그 대비책에 대한 실질적 경각심을 일깨우며 '제42회 방송문화기금상 장려상'을 받았다. 일본만큼은 아니지만, 한반도 역시 더 이상 지진 안전지대가 아니다. 그런 맥락에서 이 책 〈진도 7, 무엇이 생사를 갈랐나?〉는 지금 우리가 보고 배워 그 대책을 강구할 수 있는 최적의 참고서이다. [sit](#)

# SIT NEWS

2020. Spring Vol.05



## 서울기술연구원 2020년도 1차 정규직 채용 실시

서울기술연구원에서는 2월 19일 서류접수를 시작으로 3월 인성검사와 면접전형을 거쳐 총 17명(연구직 14명, 일반직 2명, 관리운영직 1명)의 인력을 채용했다. 도시문제 해결에 함께 앞장서며 서울의 미래를 함께 그려갈 신입직원들에게 힘찬 응원의 박수를 보낸다. 



## 기술공모 추진일정 .....

- **공고** : 2020. 3.6
- **서면평가** : 1주
- **성능평가** : 2주
- **발표평가** : 1주
- **선정 및 시상** : 선정 후 1주일 이내
- **서울시** : 실증 확산



## 서울기술연구원, 코로나19 대응 마스크 클라우드소싱 기술공모 개최

코로나19 사태로 보건용 마스크 핵심자재인 MB(MeltBlown) 필터 수급이 어려워 마스크 증산 차질 문제가 발생함에 따라 서울기술연구원에서는 코로나19 마스크 품귀현상 문제에 대응하기 위해 마스크 필터 및 대체기술 기술공모를 진행한다. 이번 클라우드소싱 기술공모 참여를 희망하는 국내외 시민, 단체 및 기업은 '신기술접수소'(http://seoul-tech.com)의 '기술공모' 양식을 통해 접수 가능하다. 이번 공모에서는 두 가지 도전과제를 진행하며, 마스크 대체 필터 및 대체기술에 관심 있는 국내외 일반시민, 대학·연구기관, 민간기업 등 누구나 참여 가능하다. 선정된 해결과제에는 총 2억 원의 포상금(과제별 최대 1억)이 지급되며, 국내 시민·기관을 포함하여 외국소재의 개인, 기업 및 외국인 모두 참가가 가능하다. 자세한 사항은 서울기술연구원 기술혁신센터(82-26912-0941, innotech@sit.re.kr)로 문의 가능하다. 