

ISSN. 2465-8456



01

2021 January | Vol. 7

융합연구리뷰

Convergence Research Review

감염병 예측의 과거, 현재, 그리고 미래

안인성(한국과학기술정보연구원 책임연구원)

김주현(한국과학기술정보연구원 기술원)

포스트 코로나 시대 : 방역 로봇의 현재와 미래

이동배(비전세미콘㈜ 연구소장)

CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 감염병 예측의 과거, 현재, 그리고 미래
- 35 포스트 코로나 시대 : 방역 로봇의 현재와 미래



융합연구리뷰 | Convergence Research Review
2021 January vol.7 no.1

발행일 2021년 1월 4일

발행인 김주선

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4977 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 주식회사 동진문화사 Tel. 02-2269-4783



감염병 예측의 과거, 현재, 그리고 미래

감염병은 사람들이 병을 확인하고 그에 대한 대책을 마련하기도 전에 무서운 속도로 퍼져 막대한 피해를 입힌다. 2003년 사스(SARS)를 시작으로 2009년 우리가 신종플루라고 일컬었던 신종 인플루엔자A(H1N1), 2015년 메르스(MERS)에 이어 현재는 코로나바이러스가 대유행이다. 이러한 감염병의 확산 방지를 위해 빅데이터를 활용한 감염병 예측 시스템이 개발되고 있다. 2008년 구글은 2003년부터 미국인들이 구글에서 검색한 독감 관련 질문들을 매주 수천만 개씩 수집 후 통계적인 모형을 사용하여 독감을 예측하는 구글플루(Google Flu)를 출시했다. 또 듀크대학은 매사추세츠 종합병원과 방글라데시 국제설사병연구소와의 협력을 통해 사람의 장 내 수천 종류의 박테리아를 분석해 콜레라 감염을 예측하는 시스템을 개발했다. 이 외에도 데이터의 중요성이 부각되고 컴퓨터의 성능이 향상되면서, 다수의 기업들은 다양한 종류의 빅데이터를 수집하여 통계학, 컴퓨터 과학 등 새로운 학문들과의 융합을 통해 감염병을 예측할 수 있는 여러 방법들을 제시하고 있다.

빅데이터 기반의 예측 기술과 이를 통한 산업의 확장성은 무궁무진하다. 코로나바이러스로 인한 팬데믹은 인류에게 닥친 매우 불행한 재앙이지만 이 위기 극복을 위해 전 세계에서는 이 시각에도 무궁무진한 데이터를 쏟아내고 있다. 저자가 말한 ‘데이터’ 자원을 가지고 우리가 얼마나 미래를 대비할 수 있는지 이번 호 1부에서는 기계학습을 활용한 감염병 예측 기술 사례와 감염병의 경제적 영향력 예측을 위한 다양한 경제지표에 대해서 살펴본다. 데이터 기반의 정확한 예측을 통한 대응으로 감염병 예측 분야에서 선도국이 될 수 있기를 기대해본다.

포스트 코로나 시대 : 방역 로봇의 현재와 미래

방역 로봇은 자율주행, 인공지능 등의 ICT 기술과 로봇기술이 융합되어 있는 첨단 기술의 융합체로 감염 요인의 차단으로 방역 효율을 향상시킬 수 있는 로봇을 의미한다. 사스(SARS), 메르스(MERS) 그리고 코로나바이러스 대유행을 겪으며 방역 로봇의 중요성을 인식한 해외 다른 나라들은 이미 방역 로봇 분야에서 선도적 위치를 차지하기 위해 노력하고 있다. 우리나라 역시, 보유하고 있는 세계 정상급 수준인 ICT 기술을 기반으로 기술력을 갖춘 방역 로봇 개발을 추진하고 있다. 최근 코로나바이러스 대유행으로 무인서비스 및 원격 교육 등 비대면 서비스가 확산됨에 따라 지난 8월 25일, 과학기술정보통신부는 디지털 뉴딜의 일환으로 인공지능, 자율방역 로봇 등 비대면 비즈니스 관련 ‘비대면 비즈니스 디지털혁신 기술개발’ 사업과제 40개를 선정하고, 총 370억 원을 지원한다고 발표했다. 하지만 이전에도, 이미 다수의 기업들은 로봇이 바이러스 대응에 유용하다는 점을 주목하고 방역 로봇을 개발해 왔다. 자외선(UV) 기반 방역 로봇, 노즐 방식 분무기가 결합된 자율주행 형태의 살균 소독 로봇, 오존 수를 이용한 소독 로봇은 병원, 호텔, 공항, 터미널, 식당 등 사람들이 많이 모이는 곳에서 큰 역할을 수행하고 있다. 방역 로봇 관련 산업 분야는 코로나바이러스 대유행으로 수요가 급증하며 시장 규모도 점차 커지고 있다.

방역 로봇은 코로나바이러스 대유행 이후에도 있을 수 있는 감염병 대유행 상황 발생시 감염병의 선제적 예방 차원에서 꼭 필요한 도구가 될 것이다. 2부에는 방역 로봇의 국내외 기술 및 연구 개발 현황을 다루며, 우리나라가 방역 관리 효율을 높일 수 있는 방역 로봇을 개발함으로써 비대면 비즈니스에서 경쟁력을 확보하고 로봇산업에서 시장을 선점할 수 있기를 기대해 본다.

융합연구리뷰

Convergence Research Review 2021 January vol.7 no.1



01

감염병 예측의 과거, 현재, 그리고 미래

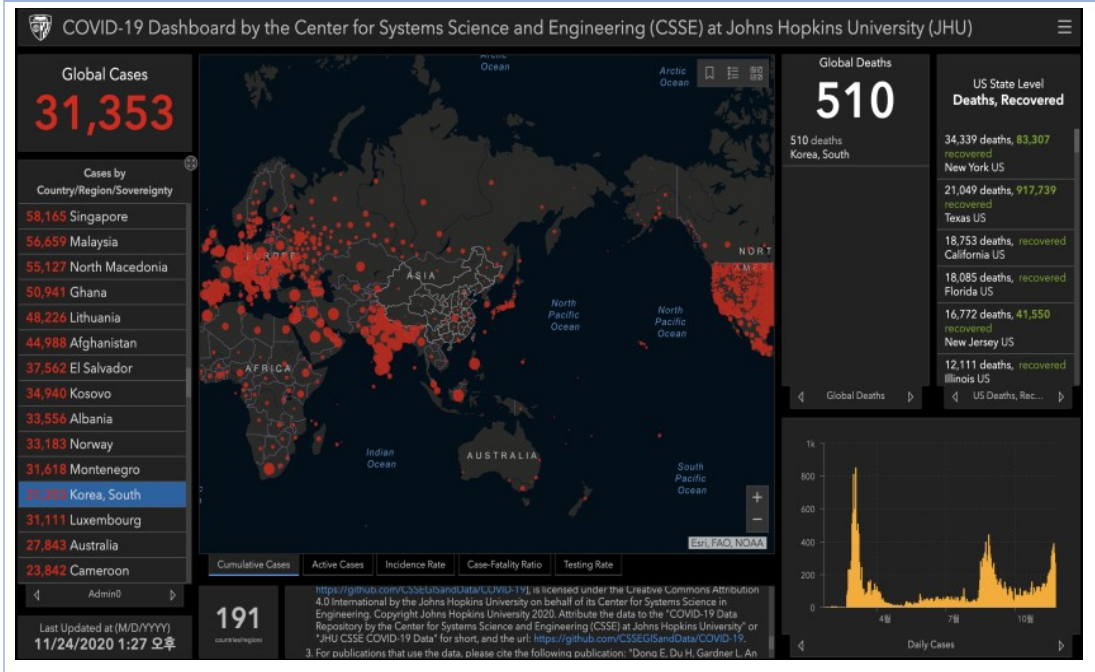
안인성(한국과학기술정보연구원)
김주현(한국과학기술정보연구원)

I 서론

2019년 12월 중국 우한시로부터 시작된 ‘원인불명 폐렴(Pneumonia of unknown cause)’은 이후 세계 각국 연구진들의 분석을 통해서 과거 사스(SARS, 중증급성호흡기증후군) 바이러스와 유사하지만 지금껏 보고된 바 없는 새로운 종류의 코로나바이러스인 것으로 밝혀졌으며, ‘코로나-19(COVID-19)’, ‘SARS-CoV-2’와 같은 이름으로 명명된 이후 1년이 다 되어가는 현재까지 우리의 생활에 막대한 영향력을 행사하며 위력을 과시하고 있다. 이번 코로나-19와 같이 지금껏 겪어보지 못한 새로운 종류의 감염병이 출몰하게 되면, ‘이 바이러스가 대유행(pandemic)이 될 것인가?’라는 질문에 대한 답을 찾기 위해 고군분투한다. 즉, 자신의 존재가 파악되기 전에 최대한 많은 수를 감염시켜야 하는 바이러스와, 바이러스의 특성을 파악하여 더 이상의 전파를 신속하게 차단해야 하는 인간 간의 쫓고 쫓기는 정보전이 펼쳐지는 것이다.

사실 감염병과 인간과의 쫓고 쫓기는 싸움은 인류역사가 시작된 이래 지속적으로 이어져 오고 있는 현상이다. 14세기 유럽에서 수억 명의 목숨을 잃게 한 흑사병(독일명: 페스트(Pest))의 경우 쥐를 숙주동물로 삼는 원인균인 페스트균(*Yersinia pestis*)이 쥐의 몸에 기생하는 벼룩을 통해서 인근 사람에게까지 전파되는 전형적인 곤충매개의 형태와 환자 자체의 객담 등을 통해서 전파되는 직접 전파의 두 가지 특성을 모두 가지고 있었으며, 일단 감염이 되면 병의 진행속도가 매우 빠르며 치사율도 50~90%에 달한 것으로 알려져 있다. 흑사병이 창궐했던 당시에는 최초 발생지로부터 인접 지역으로 질병을 전파시키는 주요 동력은 병원체에 감염된 쥐(숙주생물)나 감염된 사람이었는데, 이들은 도보를 통한 인근지역뿐만 아니라 국가 간 무역거래를 위한 상선이나 장거리 원정 전쟁 등을 통하여 광범위한 지역에 해당 감염병을 전파시켰다. 다만, 현대의 감염병 전파양상과의 차이점이라면 원거리 전파의 경우, 이동하는데 지금보다는 더 많은 시간이 소요되었다는 점을 들 수 있겠다.

그림 1. 존스 홉킨스 대학교 제공 COVID-19 맵



미국의 존스 홉킨스(Johns Hopkins) 대학교에 있는 시스템 과학 및 공학 센터(CSSE, Center for Systems Science and Engineering)에서는 2020년 1월 22일에, 전 세계의 모든 확인된 코로나-19 확진자 및 회복·사망자 현황을 위치정보와 함께 온라인상에서 제공하기 시작하였다. 위의 그림에서도 확인할 수 있듯이, 이번 코로나-19의 경우 과거 흑사병의 사례와 비교해 볼 때 바이러스의 전파 속도와 범위가 매우 빠르고 넓은 것을 알 수 있는데, 주된 이유로는 항공기 여행객을 통한 국가 간 교류의 증가와 자가용, 고속철도 등을 통한 국가 내에서의 이동반경 확대, 그리고 급속한 도시화 등을 꼽을 수 있다. 바이러스가 인간이 개발한 다양한 교통수단들을 통해서 최초 진원지로부터 전 세계로 빠른 속도로 전파된다는 점은 흡사 인체 내에서 증식 시 인간세포 내 소기관들을 활용해서 빠른 속도로 자기복제를 하는 과정과 닮아 보인다. 바이러스는 스스로 가지지 못한 것들을 주변으로부터 찾아서 끊임없이 생존을 위한 돌파구를 찾고 있다. 융합연구리뷰에서는 이처럼 문명의 발달과 더불어 점점 더 진화해 온 바이러스와의 정보전을 승리로 이끌기 위해서 과거의 기술들로부터 현대의 인공지능 기법까지 다양한 예측기술들에 대하여 알기 쉽게 설명하고자 한다.

II 감염병 예측을 위한 기계학습과 데이터 마이닝

지난 2016년, 이세돌 9단이 알파고와의 바둑 대결에서 4대 1로 패배한 것은 바둑계뿐만 아니라 전 세계적으로도 많은 사람을 충격에 빠뜨렸다. 이 사건을 계기로 기계학습을 별도로 공부하지 않은 사람에게도 '딥러닝'이나 '기계학습'과 같은 키워드가 더는 이질적인 단어가 아닌, 어디에선가 가끔은 들리는 꽤 친숙한 단어가 되었다. 그럼에도 불구하고 기계학습이라는 단어는 여전히 이상한 구석이 있다. 기계에는 동물의 뇌와 같이 사고를 할 수 있는 기관이 있는 것도 아닌데 어떻게 학습이라는 단어를 붙일 수 있는 것인지, 기계가 하는 학습이라는 것이 도대체 어떤 것을 이야기하는 것일까?

알파고가 바둑으로 인간을 정복하기 이전에 컴퓨터가 인간과 체스로 대결을 벌인 사건이 있었는데, 1997년 당시 체스 세계 챔피언 가리 카스파로프(Garry Kasparov)와 IBM사의 딥 블루(Deep Blue)가 맞대결을 펼쳤고, 이때 딥 블루가 2승 3무 1패라는 성적으로 인간을 상대로 승리를 거두었다(이는 제2국이었으며 제1국인 1996년에 이루어진 경기에서는 딥 블루가 패배하였음). 이처럼 과거부터 언젠가는 컴퓨터가 인간이 하는 일을 대신 할 수 있을 것이라는 기대 속에, 예전부터 인공지능과 관련된 도전들이 꾸준히 있었다. 인공지능에 대한 기대는 20세기에서 21세기로 넘어가던 무렵, 전 세계적으로 정보기술(IT, Information Technology) 붐이 일어 컴퓨터의 대중화가 이루어지며 더 커지게 되었다. 이때부터 본격적으로 데이터 수집에 대한 중요성이 대두되어 체계적으로 데이터를 수집할 수 있는 방법들이 연구되었고 다양한 분야에서 데이터가 차곡차곡 쌓이기 시작했다. 더불어 무어의 법칙(Moore's law)에 따라 컴퓨터의 성능까지 꾸준히 증가하여 인공지능에 관한 다양한 연구가 이루어질 수 있는 기반을 마련하였다.

본 챕터에서는 우선 기계학습을 간단히 소개하고, 21세기의 시작에서부터 지금까지 감염병 예측 연구의 흐름 변화와 감염병 예측에 기계학습 기법이 사용된 사례 몇 가지를 살펴보기로 한다.

1. 감염병 예측과 기계학습

우선, 기계학습에 대해 간단히 설명하자면, 기계학습은 인공지능의 하위 분야로, 수집한 데이터를 활용해서 예측 모델을 만들고, 이 예측 모델에 새로운 데이터를 입력하여 결과를 도출하는 것을 이야기한다. <식 1>과 같은 방정식을 예측 모델의 아주 간단한 예로 들 수 있다. 이런 예측 모델을 학습시키는 것은 <표 1>과 같은 예제 데이터가 있을 때 <그림 2>의 붉은색 선이 그려지도록 하는 모수(parameter) a 와 b 를 찾는 것을 뜻한다. 이 붉은색 선은 우리의 예측 모델<식 1>에 예제 데이터에 있는 각각의 x 를 입력하여 계산한 값과 그에 상응하는 y 간 오차 제곱들의 합을 최소화하는 모수 a 와 b 를 찾아 <식 1>에 적용한 결과이다. 예제로 주어진 데이터 외에 새로운 데이터를 추가로 얻게 된다면 새로운 데이터를 포함하여 오차 제곱들의 합을 최소로 하는 새로운 모수들을 찾아내게 되는데, 이것이 마치 예측 모델이 새로운 데이터를 학습해서 성장하는 모습처럼 보인다. 이런 예측 모델을 조금 더 복잡하게 만든 다양한 모델 중 하나가 인공 신경망(Artificial Neural Network)이며, 인공 신경망을 겹겹이 쌓아 만든 예측 모델이 딥러닝 모델이다. 즉, 정리하자면 <그림 3>과 같이 인공지능의 여러 분야 중 하나가 기계학습이며, 기계학습을 하는 방법에는 인공 신경망이나 서포트 벡터 머신(SVM, Support Vector Machine)과 같은 다양한 모델이 존재한다. 다양한 분야에서 더 좋은 성능을 낼 수 있는 예측 모델을 만들기 위해 지금도 꾸준히 새로운 방법론들이 연구되고 있다.

표 1. 예제 데이터

데이터	1번	2번	3번	4번
x	1	2	3	4
y	1	3	2	4

$$f(x) = a \times x + b \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

그림 2. 예제 데이터를 사용해 학습한 예측 모델을 시각화한 그래프

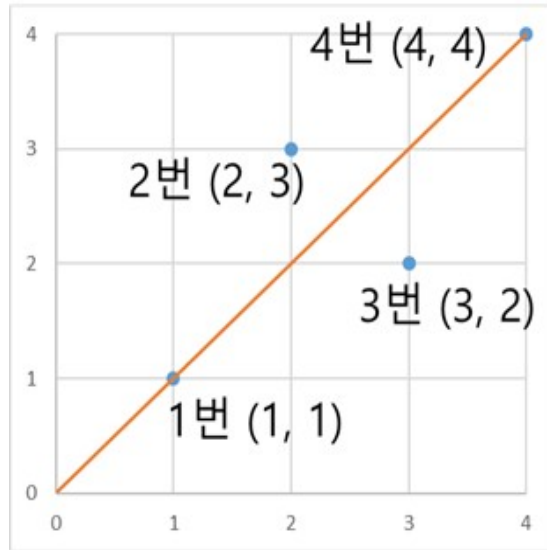
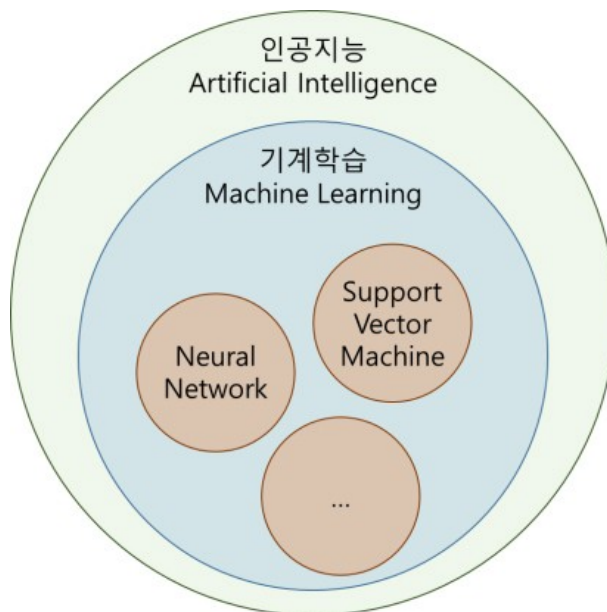


그림 3. 인공지능, 기계학습, 예측 모델들의 포함 관계를 나타낸 모식도



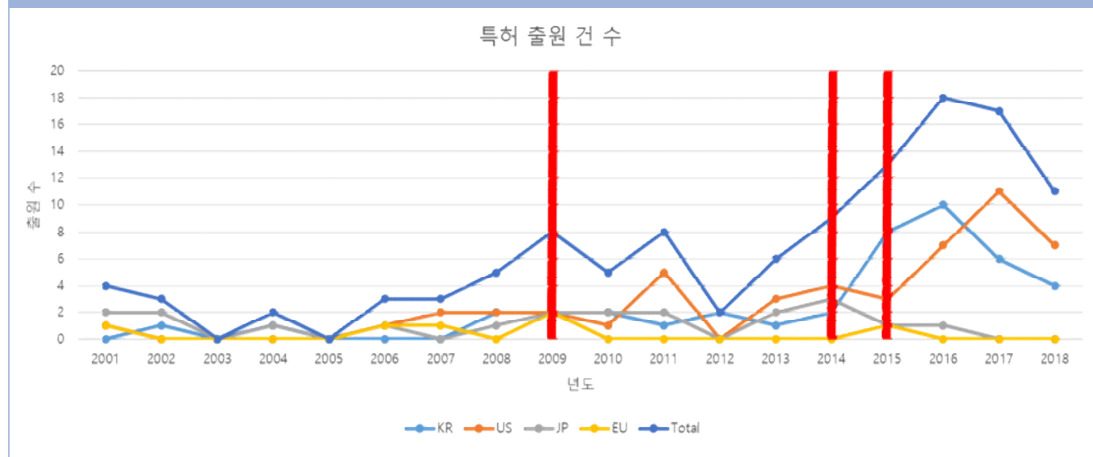
기계학습 기법들은 우리 생활에서 이미 다양한 형태로 활용되고 있으며, 사용할 수 있는 데이터의 종류 또는 예측의 목적에 따라 서로 다른 예측 모델들이 활용되고 있다. 몇 가지 예를 들어보면, 기상청에서 기상, 기온 등의 수치로 된 시계열 데이터를 사용하여 날씨를 예측한다거나, 이메일에서 텍스트 데이터를 분석하여 스팸 메일을 걸러주는 기능, 넷플릭스(Netflix)와 유튜브(Youtube)에서 사용자의 나이, 성별, 시청한 콘텐츠 등 다변량 데이터 분석 후 사용자 맞춤 콘텐츠를 판별하여 추천해주는 기술 등이 있으며, 최근에는 테슬라(Tesla)사에서 출시한 자동차들에서 여러 대의 카메라를 통해 자동차 주변 환경의 동영상을 분석하여 운전자 대신 운전을 해주는 오토 파일럿(Auto Pilot)이라는 기술을 선보이기도 했다. 위의 예시에서 언급된 시계열, 텍스트, 동영상과 같은 데이터는 우리 생활 어디에서든 발생하고 수집될 수 있는 데이터이며, 20세기 말 데이터의 중요성이 대두되면서 다양한 분야에서 발생하는 데이터들이 본격적으로 정리되어 수집되기 시작했다. 전 세계적으로 삶의 질이 높아짐에 따라 자연스럽게 건강과 관련된 이슈들이 조명받기 시작했고, 감염병 관련 분야에서도 이런 다양한 데이터와 기계학습 기법들을 사용해서 삶의 질을 높이고자 하는 노력이 이어지고 있다.

2. 기계학습을 활용한 감염병 예측 연구 흐름

지난 약 20년 동안 전 세계적으로 크고 작은 감염병이 유행했다. 그중에서도 2003년 사스(SARS) 발생, 2009년 신종 인플루엔자A(H1N1) 전 세계 대유행, 2014년 서아프리카에서의 에볼라(Ebola) 유행, 2015년 메르스(MERS, 중동호흡기증후군) 유행과 현재 COVID-19의 전 세계적인 발생과 같은 큰 사건들을 계기로 사람들의 감염병에 관한 관심도 증가했다. 흥미로운 점은 <그림 4>에 나타난 것과 같이 기계학습 기법을 활용한 감염병 예측과 관련된 특허의 수가 신종 인플루엔자A(H1N1)가 대유행했던 2009년에 많이 증가했고, 에볼라(Ebola), 메르스(MERS)가 발생한 2014, 2015년을 따라서 그 수가 폭발적으로 증가하는 모습을 보였지만, 전 세계를 공포로 몰아넣었던 사스(SARS)가 유행한 2003년에는 관련 특허가 하나도 등록되지 않았다는 것이다. 그 이유는 이때만 하더라도 양질의 데이터 축적 및 수집의 중요성이 크게 대두되지 않아, 사용할 수 있는 데이터의 수가 제한적이었으며, 설령 감염병과 관련한 데이터가 존재하더라도 많은 양의 데이터를 처리할 수 있을 만큼 컴퓨팅 기술이 좋지 못했기 때문이다. 하지만 시간이 흘러 데이터의 중요성이 드러나고 컴퓨터의 성능이 폭발적으로 좋아지면서 자연스럽게 감염병 분야에서도 다양한 종류의 데이터와 기계학습 기법을 활용한 연구들이 늘어나기 시작했다.

초기 감염병 예측 연구에서는 일반적으로 수치로 된 환자의 임상 데이터를 사용하여 환자가 병에 걸렸는지 아닌지를 판단한다거나 과거 독감 환자의 수 및 기상, 기온 등 시계열 데이터를 활용해 다가오는 독감 시즌에 환자의 수가 얼마나 될 것인지를 예측하는 것이 주를 이루었다. 이후 차세대 염기서열 분석(NGS, Next Generation Sequencing) 기술의 급속한 발전으로 유전체 빅데이터 분석 기술을 활용해 감염병 진단 또는 병원체의 변이예측에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 더 나아가 최근 들어서는 상상하지 못한 다양한 방법을 통해서도 감염병 예측 관련 연구들이 이루어지고 있다. 일반적이지는 않지만, 대형병원의 주차장을 위성사진으로 촬영해 병원 방문자의 수를 가늠하고 해당 지역에 새로운 종류의 감염병이 발생하였는지를 예측하려는 시도를 비롯해 기존의 일반적인 방법을 탈피한 새로운 시각으로 감염병 예측에 기계학습을 적용하는 흥미로운 연구 사례들을 찾아볼 수 있다.

그림 4. 연도 및 국가별 기계학습 기법을 활용한 감염병 예측 관련 등록된 특허 수의 변화



자료수집 : WIPSON

3. 감염병 예측과 데이터의 종류

감염병과 관련된 예측 중 시간에 따라 어떤 감염병의 환자 수가 어떻게 변하는지를 예측하기 위해서는 보통 시계열 분석을 활용한다. 시계열 데이터를 사용한 예측은 과거에 발생한 데이터를 사용하여 예측 모델의 모수를 추정하는 방법을 이야기하며, 이를 위해서는 3가지 조건이 만족되어야 한다. 우선 과거에 발생한 데이터가 존재해야 하며, 이 데이터를 양적인 데이터로 나타낼 수 있어야 한다. 마지막으로 과거의 패턴이

미래에서도 지속되어야 한다. 이처럼 시계열 분석을 통한 예측은 예측하려는 목표의 과거 데이터를 통해 특정 패턴을 알아내고, 새롭게 생성되는 데이터가 과거 패턴으로 미루어보았을 때 어떻게 변화할 것인지를 예측하는 방법이다. Kim 등(Kim & Ahn(2019))이 수행한 연구에서는 주(week)별로 미국 질병통제예방센터(CDC, Centers for Disease Control and Prevention)에서 제공하는 미국 내 유사 독감(ILI, Influenza-Like-Illness)으로 인한 병원 방문자 수의 변화를 나타낸 시계열 데이터와 이를 설명할 수 있는 다양한 인자들의 주별 변화를 나타낸 시계열 데이터에 기계학습 기법을 적용하여 미래에 유사 독감(ILI)으로 인해 병원에 방문하는 환자의 수가 증가 혹은 감소할 것인지 예측하는 방법을 제안하였으며, 제안하는 모델을 통해 높은 정확도로 유사 독감(ILI) 환자의 수 변화 및 그 정도를 예측하였다.

감염병과 관련된 임상 데이터와 같이 병원에서 주로 다루는 데이터는 민감한 데이터이기 때문에 이를 연구에 사용하기 위해서는 까다로운 절차들을 거쳐야 한다. 또한 자료가 수집되고 활용될 수 있는 단계에 이르기까지 적지 않은 시간이 걸리기 때문에 감염병의 확산 추이 예측에 사용되기에는 한계가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 최근에는 인터넷을 통해 실시간으로 발생하는 텍스트 데이터를 활용한 감염병 확산 예측 연구도 이루어지고 있다. 전 세계적으로 인터넷이 널리 보급됨에 따라 다양한 정보들이 이전보다 신속하게 퍼지고, SNS와 같은 과거에는 존재하지 않았던 플랫폼을 통해 정보가 공유되기도 한다. 이러한 텍스트 데이터를 분석하기 위해 자연어 처리(Natural Language Processing) 기법이 사용되는데, 자연어 처리란 사람이 사용하는 언어를 컴퓨터와 같은 기계가 분석하고 처리할 수 있는 기술을 의미한다. 최근에는 이렇게 실시간으로 발생하는 텍스트 데이터를 분석하여 독감의 발생 예측 등을 시도하는 연구들이 많이 이루어지고 있다(Harshavardhan Achrekar et al.(2012), Hyekyung Woo et al.(2017), Chris Allen et al.(2016)).

Lee 등(2016)과 Kvapilova 등(2019)에 의하면 동영상 또는 음향 데이터가 감염병 예측에 활용될 가능성도 발견되고 있다. 이들은 각각 동영상 데이터를 분석하여 사람의 바이탈(vital) 신호 중 하나인 맥박을 예측하는 방법을 제안하고, 음향 데이터를 분석하여 기침을 분석하는 방법을 제안한다. 이런 연구가 감염병 예측에 있어서 중요한 이유는 많은 종류의 감염병이 항공기나 선박을 통해 전파될 가능성이 있는데 이를 이용하는 수많은 승객을 일일이 검사하는 것이 불가능에 가깝기 때문이다. 따라서 동영상이나 음향 데이터를 분석할 수 있는 기법들이 고도화되면 공항이나 항만을 이용하는 사람들의 상태를 카메라로 촬영해 동영상 데이터를 분석하여 그 상태를 예측하는 방향으로 활용할 수 있을 것으로 기대를 모으고 있다.

III 의료 빅데이터를 활용한 질병 예측

1. 통계 방식을 활용한 질병 예측

1.1. 프래밍햄 위험도(Framingham risk score)

통계적 방법에서 전통적으로 알려진 위험도 예측 방법 중 하나인 프래밍햄 위험도(Framingham risk score)는 미국 매사추세츠주의 프래밍햄(Framingham) 지역 주민을 대상으로 1948년부터 이어져 오는 프래밍햄 심장 연구(Framingham heart study)의 결과로 만들어졌다. 이는 10년 이내 심혈관 질환 위험을 추정하고자 하고 그에 따라 치료 방침을 결정하게 된다. 회귀분석 방식을 활용하여 설정된 위험인자(나이, 성별, 콜레스테롤 수치, 혈압, 당뇨, 흡연 여부)를 이용하여 위험점수를 계산하고 환자를 구분한다. 이후 뇌혈관 질환, 말초 혈관 질환, 심부전 발생 가능성을 추가하여 심혈관 질환 발생 가능성을 예측하는 모델로 확대되었다.

그림 5. 프래밍햄 위험도 계산기 예시

Framingham Risk Score¹
 Risk assessment tool for estimating a patient's 10-year risk of developing cardiovascular disease

Age:	<input type="text"/> Years
Gender:	<input type="radio"/> Female <input type="radio"/> Male
Total cholesterol:	<input type="text"/> mmol/L
HDL cholesterol:	<input type="text"/> mmol/L
Smoker:	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Diabetes:	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Systolic blood pressure:	<input type="text"/> mm Hg
Is the patient being treated for high blood pressure?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No

This online assessment tool is intended as a clinical practice aid for use by experienced healthcare professionals. Results obtained from this tool should not be used as a guide for patient care.

Calculate risk

1.2. 국내 심혈관 질환의 위험도 평가

2020년 9월 통계청에서 발표한 2019년 우리나라 사망원인통계 결과에 따르면, 우리 국민의 사망원인은 암 다음으로 심혈관 질환이 2위를 차지하는 것으로 나타났다(통계청(2019)). 지선하 등(2006)이 1997년부터 2011년까지 한국 심장연구 코호트(Korean heart study cohort)를 대상으로 관상동맥질환에 대하여 평균 11.6년간 추적 조사한 연구결과에 의하면, 심혈관 질환 예측 모형의 위험인자로는 연령, 혈압, 흡연 여부, 당뇨병 여부, 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도/저밀도 지단백 콜레스테롤이 포함된다. 분석 결과, 일반적인 프래밍햄(Framingham) 모형은 한국인의 심혈관 질환 위험도를 과대평가하는 경향이 있었으며, 해당 연구 결과에서 도출된 한국인 관상동맥질환 위험도(Korean Coronary Heart Disease(CHD) risk) 모형이 한국인의 심혈관 질환 위험도를 더 잘 예측하는 것으로 밝혀졌다. 이와 더불어 뇌졸중 예측 모형 개발을 위하여, 1993년부터 2005년까지 13년 동안 한국인을 추적하여 연구하였는데, 관찰한 결과를 분석하여 뇌졸중의 위험인자로 연령, 체질량지수, 수축기 혈압, 당뇨병, 총 콜레스테롤, 흡연 여부 및 음주량, 운동 정도를 제시하였다.

1.3. 미국 당뇨병 위험예측 테스트

미국 워싱턴대학(University of Washington)의 건강계측-평가연구소(Institute of Health Metrics and Evaluation)의 조제프 딜먼(Joseph Dieleman) 박사에 의하면, 미국의 전체 의료비 부담 중 단연 1위는 당뇨병으로 알려졌다. 이에 미국에서는 당뇨병에 대한 위험도를 계산하는 모델을 당뇨병 예방을 위한 다양한 정보와 더불어 홈페이지를 통해 제공하고 있다. 사용되는 변수는 나이, 성별, 가족력, 혈압, 운동, 인종, 체질량지수이다. 해당 정보를 입력하면 본인의 당뇨병 위험점수를 제공하고 결과에 맞는 행동에 대해 알려준다.

그림 6. 미국 당뇨병학회(American Diabetes Association) 제공 당뇨병 위험도 자가예측 시스템

How old are you?

Why does this matter?

LESS THAN 40 YEARS

40-49 YEARS

50-59 YEARS

60 YEARS OR OLDER

←

Get Started Who are you? **Age** Gender Height/Weight Blood Pressure Lifestyle Family History Test

1.4. 골절 위험도 예측 프로그램

미국 셰필드 대학교(University of Sheffield)에서 2008년 출시한 골절 위험도 평가 도구(FRAX®, Fracture Risk Assessment Tool)는 1991년에서 2010년 사이에 세계보건기구(WHO, World Health Organization)와 대사 뼈 질환 협력센터(Centre for Metabolic Bone Diseases)가 협력연구를 진행하면서 생성된 데이터를 기반으로 개발된 골절 위험도(10-year fracture risk)를 산출하는 모델이다. 위험인자로는 나이, 성별, 체중, 신장, 이전의 골절 병력, 부모의 고관절 골절, 흡연 여부, 스테로이드 제제, 류마티스 관절염, 이차성 골다공증, 음주, 골밀도이다. 골다공증성 골절 예측 서비스 모형은 나라마다 각기 적응기준이 다르며, 미국에서는 골감소증의 경우 10년 내 대퇴골 골절 위험도가 3% 이상이거나 주요 골다공증 골절 위험도가 20% 이상인 경우를 치료 기준으로 설정하였다. 이와 달리 일본에서는 10년 내 주요 골절 위험도가 15% 이상일 때를 골다공증의 치료기준으로 설정하고 있다.

그림 7. 골절 위험도 예측 프로그램(FRAX®) 예시화면

골절 위험도 계산

골밀도를 알고 있는 경우 10년 내 골절 위험도 계산을 위하여 아래의 질문에 대답하여 주십시오.

국가: 뉴질랜드
이름 / 아이디:
위험 요인에 대하여

질문 사항:

1. 출생의 시대 (40-90년 사이) 또는 날짜
 나이: 생년월일:

2. 성별 남성 여성

3. 체중 (kg)

4. 신장 (cm)

5. 이전의 골절 병력 아니오 예

6. 부모님의 고관절 골절 아니오 예

7. 현재 흡연 아니오 예

8. 스테로이드 제제 아니오 예

9. 류마티스 관절염 아니오 예

10. 이차성 골다공증 아니오 예

11. 하루 3단위 이상의 술 아니오 예

12. 대퇴골 경부 (BMD) (g/cm2)
 선택 BMD

2. 인공지능을 활용한 질병 예측

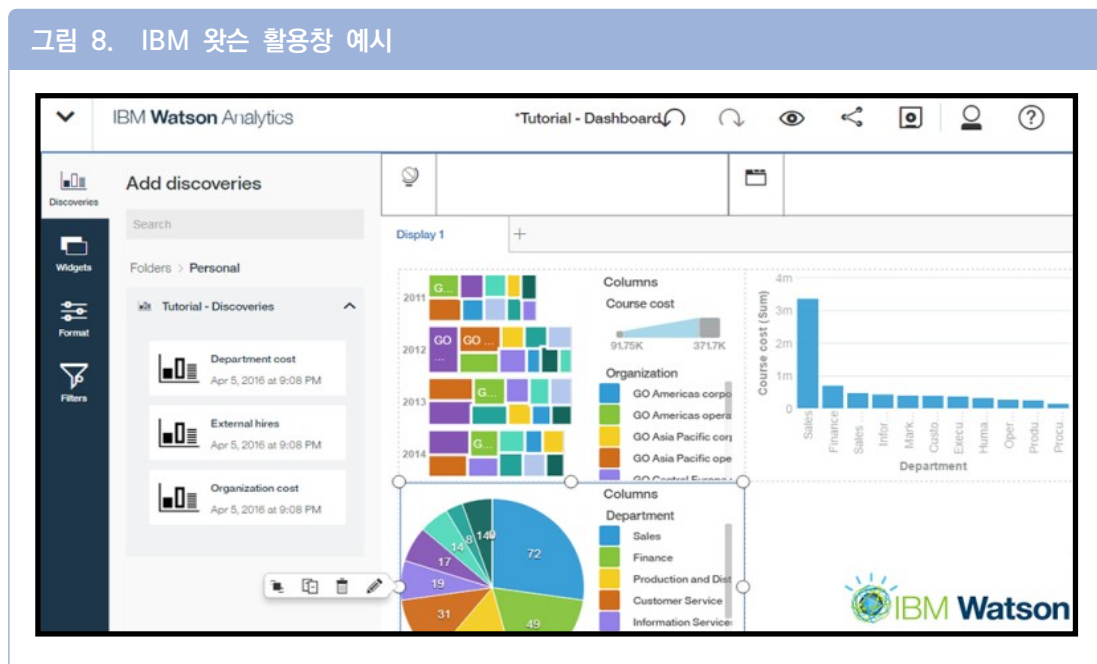
2.1. IBM 왓슨(Watson)과 암진단

의료 인공지능 중에 가장 잘 알려진 것은 바로 IBM사의 왓슨(Watson)이다. 왓슨은 자연어 형식으로 된 질문들에 답할 수 있는 인공지능 컴퓨터 시스템이며, 시험 책임자 데이비드 페루치(David Ferrucci)가 주도한 IBM사의 DeepQA 프로젝트를 통해 개발되었다. 왓슨은 IBM사 초대 회장인 토머스 J. 왓슨(Thomas John Watson)에서 이름을 따다. 왓슨은 현재 의료 분야에서 암 환자 진료(Watson for Oncology), 유전체 분석(Watson Genomics), 임상시험 환자 매칭(Clinical Trial Matching) 등의 세 가지 서비스를 제공한다.

이 중 '왓슨 포 온콜로지(Watson for Oncology)'는 실제 의사들이 어떻게 암 환자를 진료하고, 진단을 내리며, 치료하는 지에 대한 의사 결정을 학습하기 위한 것이다. 자료에 따르면, 당시까지 왓슨은 암과 관련된 60만 건의 의학적 근거, 42개의 의학 학술지와 임상 시험 데이터로부터 200만 페이지 분량의 자료를 학습했다고 한다. 또한 메모리얼 슬로언 케터링 암센터(MSKCC, Memorial Sloan Kettering Cancer Center)의 의사들이

1,500여 개의 실제 폐암 치료 사례와 25,000개의 치료 사례 시나리오, 의사들의 진료 기록, 검진 결과 등 ‘자연어’로 되어 있는 데이터를 학습시켰다. 그 이후로 14,700시간 동안 간호사들이 수작업으로 왓슨의 학습을 강화하였으며, 이후로 3년 반 정도가 지난 2016년 9월 우리나라의 가천대학교 길병원에서 이 왓슨 포 온콜로지를 도입한 이후 2017년 부산대병원, 건양대병원 등이 차례로 왓슨을 도입하였다. 도입 초기에는 미국에서의 성공사례로 인한 기대감으로 세간의 이목을 집중시켰으나, 실제 활용실적이 길병원의 경우 대장암 환자 656명에 대해 왓슨을 적용한 결과, 일치 비율이 49% 수준으로 기대에 미치지 못하였는데, 주된 이유로는 당초 왓슨이 미국 내 임상데이터로 학습을 했기 때문에 그 모델을 그대로 우리나라에 적용시키기에는 무리가 있었던 것으로 분석되었다(청년외사 2019년 5월 17일자 기사).

그림 8. IBM 왓슨 활용창 예시



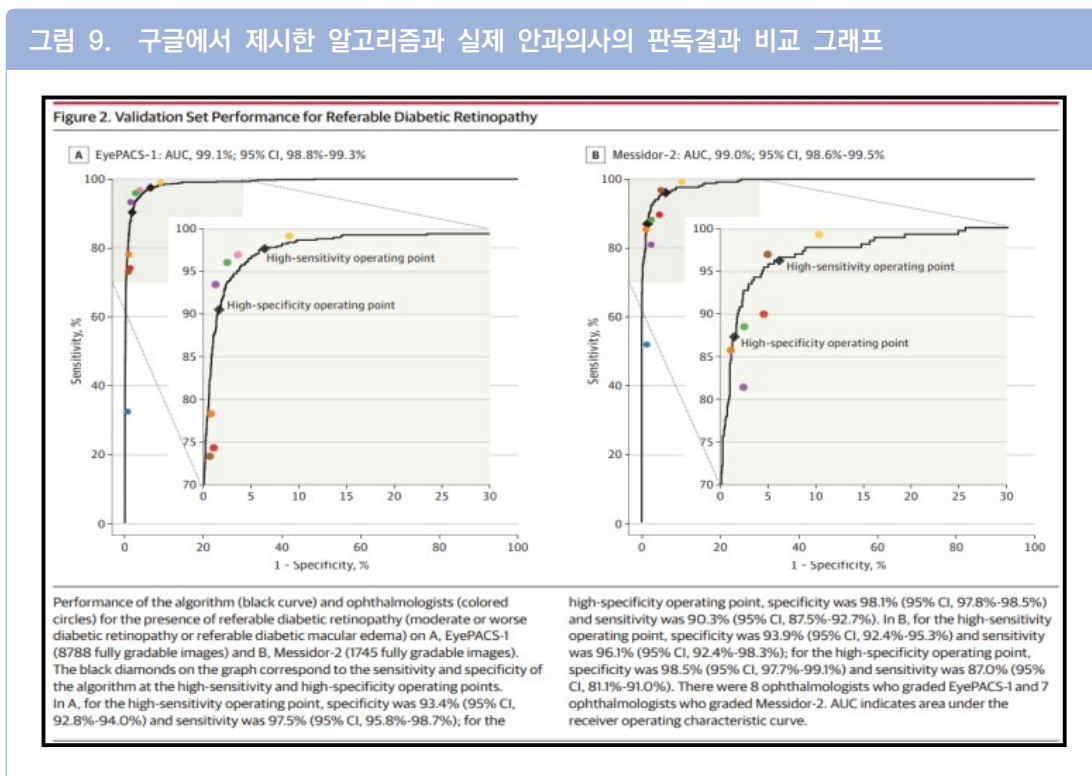
출처 : IBM Watson Review by ComparCamp

2.2. 구글(Google)과 당뇨성 망막병증

구글사는 2016년 11월 의학 학술 저널인 미국의사협회저널(JAMA, Journal of the American Medical Association)에 당뇨성 망막병증의 여부를 안저 사진에 딥러닝 방식을 적용하여 정확하게 진단할 수 있는 인공지능을 발표했다. 이 질환은 조기에 치료받지 못할 경우 실명으로 이어질 확률이 매우 큰 것으로 알려져

있으나, 조기발견이 쉽지 않아서 실제 질환자의 45%가 해당 질병에 대한 진단을 받기도 전에 실명이 되는 것으로 알려져 있다.

그림 9. 구글에서 제시한 알고리즘과 실제 안과의사의 판독결과 비교 그래프



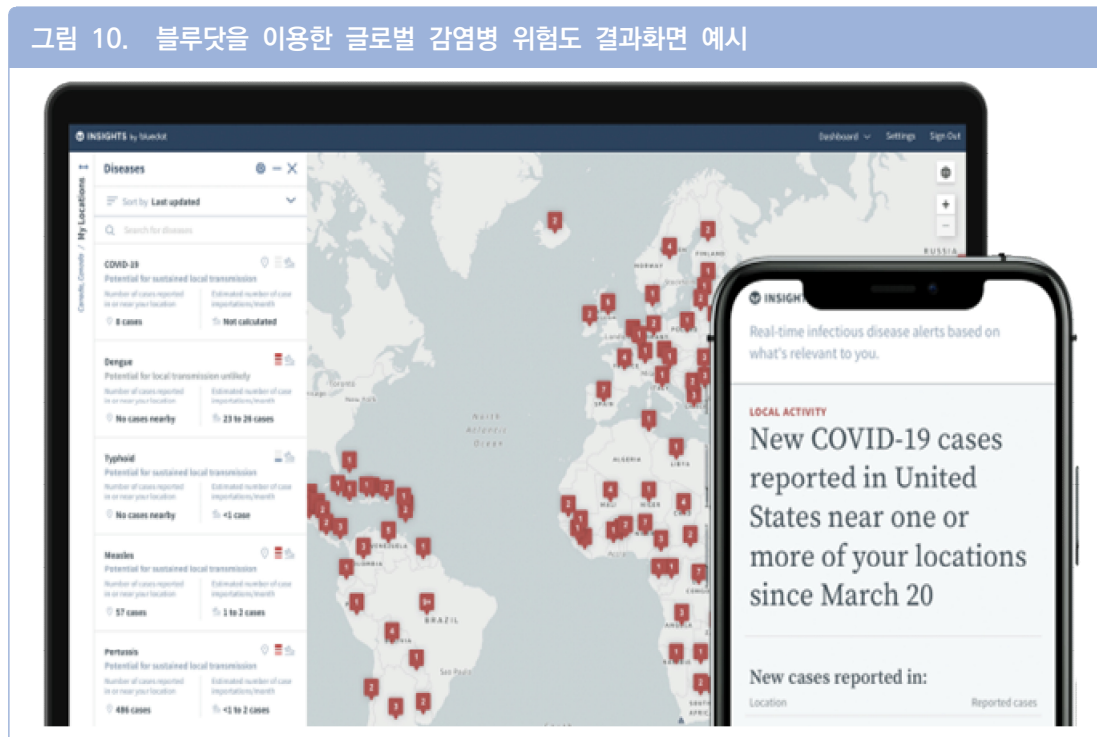
출처 : Gulshan 등(2016)

구글 연구팀은 미국과 인도 지역에서 확보된 약 128,175장의 안저 사진을 학습시킨 심층 합성곱 신경망 (Deep convolutional neural network) 모델을 생성하고, 이후 자체 개발한 알고리즘과 안과의사 8명이 직접 판독한 9,963개의 검증세트를 활용하여 당뇨병 망막병증 진단 성적을 시험하였다. 판독 결과, 구글이 제시한 알고리즘은 민감도(sensitivity, 환자가 질병에 걸렸을 때 진단검사 결과가 양성으로 나올 확률)와 특이도(specificity, 환자가 질병에 걸리지 않았을 때 진단검사 결과가 음성으로 나올 확률)를 고려한 값이 0.95로 안과의사 8명의 평균값인 0.91과 유사하거나 조금 높은 수준을 보였다(Gulshan 등(2016), 메디컬투데이 2017년 4월 30일자 기사).

2.3. 블루닷(BlueDot)과 코로나-19

블루닷(BlueDot)은 지난 2014년 캐나다 소재의 회사에서 개발된 시스템으로 세계보건기구(WHO)와 ProMED-mail 등의 미디어 소스와 연간 약 40억 건 생성되는 항공 데이터를 활용하는 전 세계 감염병 확산 분석 시스템이다. 이 시스템은 100여개 감염병에 대한 확산 방식, 잠복기 등 감염병 자체에 대한 정보, 전 세계 인구 통계 데이터, 미국 항공 우주국인 나사(NASA, National Aeronautics and Space Administration)와 미국 해양 대기청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 제공하는 실시간 기상 데이터, 그리고 곤충 매개 및 동물 감염병 관련 데이터를 제공한다. 이 시스템은 어떤 질병이 앞으로 대유행(pandemic)하게 될지를 예측하는 기능은 없으나, 실시간으로 올라오는 세계 각국의 감염병 정보들을 바탕으로 해당 질병이 어느 나라 혹은 어느 도시로 전파되어 나갈 가능성이 큰 지에 대한 후보지 목록을 제공한다. 블루닷 창업자 캄란 칸(Kamran Khan) 박사는 이번 코로나-19 사태에 대해서 '사스(SARS) 때의 데자뷰'라며 '중국 정부가 제공한 정보를 기준으로 하는 국제기구나 미국 정부가 제 때에 필요한 정보를 줄 거라고 기대하지 않는다'고 말했다(중앙일보 2020년 1월 28일자 기사).

그림 10. 블루닷을 이용한 글로벌 감염병 위험도 결과화면 예시



이번 코로나-19 확산경로 예측과 관련된 상세 보고서는 2020년 1월 25일자 ‘중국 내외로 확산된 2019년 신종 코로나바이러스에 대한 예비 위험 분석(Preliminary risk analysis of 2019 novel coronavirus spread within and beyond China)’이라는 제목으로 온라인상에 발표되었다(블루닷 보고서 (2020)). 블루닷은 중국 내 코로나-19의 전파경로를 예측하기 위해서 2013년부터 2015년 동안의 중국 바이두 위치기반 서비스(Baidu Location-Based Services) 데이터와 국제 항공 운송 협회(IATA, International Air Transport Association)에서 제공하는 2018년 1년간의 국제 항공 운송 데이터를 사용하였다. 블루닷에 의해서 예측된 중국 우한시로부터 코로나-19가 유입될 가능성이 높은 상위 30개 도시 및 국가 목록은 다음의 표와 같다.

표 2. 블루닷이 제시한 중국 내 18개 고위험 도시들로부터 출발 15일 이전부터 2개월 반 동안 항공편을 이용하여 해당 국가 또는 지역을 방문한 여행객 기준 코로나-19의 발생 위험도가 높은 상위 30개 국가 목록

순위	국가 또는 지역명	방문객수 (천명)	위험도 (%)
1	태국	2031.9	15.03
2	일본	1563.3	11.57
3	홍콩	1001.7	7.41
4	대만	979.7	7.25
5	한국	936.6	6.93
6	미국	773.3	5.72
7	말레이시아	634.3	4.69
8	싱가포르	568.1	4.20
9	베트남	468.4	3.47
10	호주	455.6	3.37
11	인도네시아	412.5	3.05
12	캄보디아	262.9	1.95
13	마카우	260.4	1.93
14	필리핀	250.3	1.85
15	독일	234.9	1.74
16	캐나다	208.5	1.54
17	영국	190.7	1.41
18	아랍에미리트	162.3	1.20
19	이탈리아	152.9	1.13
20	러시아	151.3	1.12

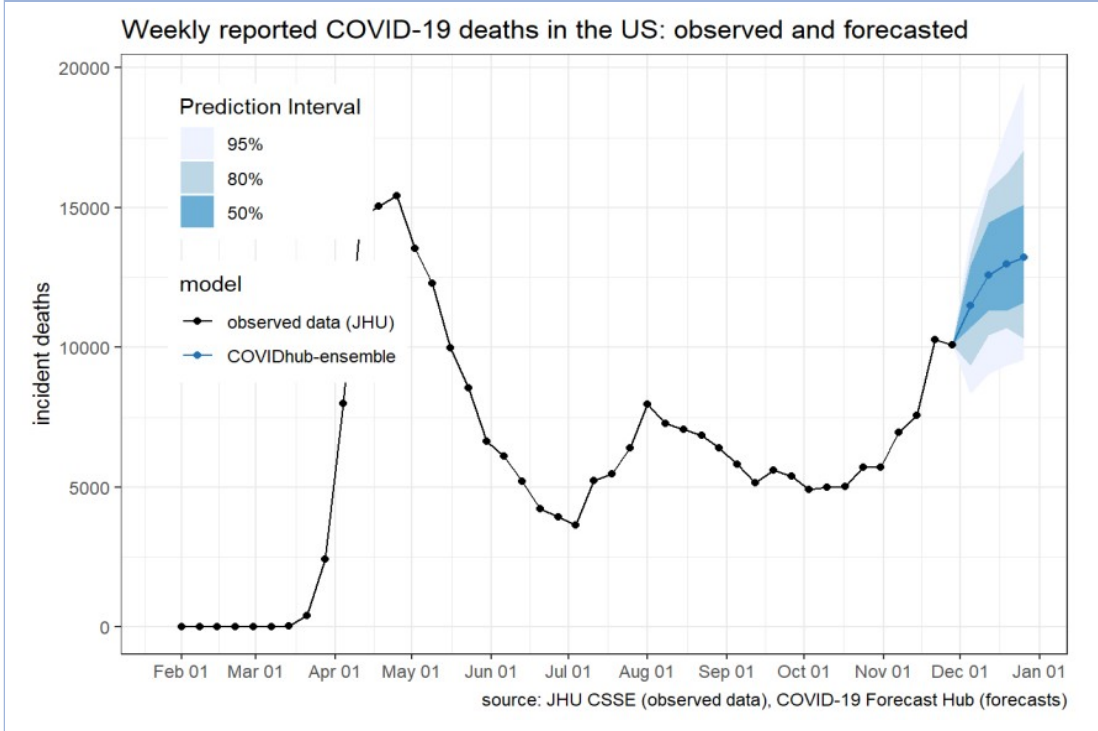
순위	국가 또는 지역명	방문객수 (천명)	위험도 (%)
21	프랑스	137.9	1.02
22	뉴질랜드	120.7	0.89
23	인도	106.7	0.79
24	스페인	105.8	0.78
25	터어키	66.5	0.49
26	이집트	57.5	0.43
27	스리랑카	55.7	0.41
28	몰디브	50.7	0.37
29	네덜란드	44.9	0.33
30	미얀마	43.3	0.32

이상의 표에서도 나타나듯이 블루닷이 제시한 코로나-19의 다음번 전파 지역들은 우리나라를 포함해서 실제로 초기 코로나-19가 발생한 국가들과 일치하는데, 이를 통해서도 전파력이 매우 높은 호흡기계 감염병의 경우, 지상과 항공 교통편을 이용한 인구이동 경로가 감염병의 확산에 중요한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 블루닷은 현재 미국, 캐나다, 싱가포르 등 세계 12개국의 정부기관 및 의료기관에 서비스를 제공하고 있다.

2.4. COVID-19 Forecast Hub(미국)

COVID-19 Forecast Hub는 미국 질병통제예방센터(CDC) 주도로 전 세계 50개 이상의 주요 전염병 모델링 팀이 각자의 예측 모델을 개발하여 미국의 코로나-19 사망 및 입원자 수를 예측한 결과를 제공한다. 매주 월요일 각각의 모델링 팀이 미국의 4주 뒤의 코로나-19 발생 패턴을 예측하고 데이터를 제출하면 결과를 통합하여 단일 앙상블 예측을 구현하고 있다. 이러한 결과는 미국 질병통제예방센터(CDC)와 데이터 저널리즘 사이트에서 사용하여 공중보건에 중요한 소스 역할을 하고 있다. 신뢰구간을 포함한 시각화 모듈을 통해 각 주(state)별로 약 50가지 모델의 결과를 보여주고 있다.

그림 11. COVID-19 Forecast Hub를 통한 미국 내 코로나-19 예측 결과 예시



출처 : Logan 등(2020)

2.5. 국내 코로나-19 사망위험도 예측 모델

일산병원 안찬식 교수 연구팀은 코로나-19 환자의 사망위험을 90% 이상의 높은 정확도로 예측하는 인공지능 모델 및 통계예측 모형을 개발했다(An 등(2020)). 국민건강보험공단과 질병관리청 자료를 기반으로 인공지능을 이용한 코로나-19 확진자의 인구학적 정보, 의료비 청구내역, 감염경로에 근거해 사망 위험을 예측하고 고위험자를 분류하는 프로그램을 개발하였다. 해당 모델은 10,237명의 코로나-19 확진자에 대한 네 가지 기계학습(LASSO, linear-SVC, rbf-SVC, RandomForest) 방법들을 통해 코로나-19 감염 후 사망위험을 예측하였다. 검증결과, 사망 예측 정확도는 92%였으며 사망률 증가와 유의한 관계를 보였던 변수들은 60세 이상 고령, 남성, 중증도 이상의 장애, 호흡기 증상, 감염경로(요양원 등)와 고혈압, 당뇨병, 암, 천식, 만성폐질환의 기저질환이었다.

IV 감염병 유행의 사회·경제적 영향

경제학의 아버지로 여겨지는 아담 스미스(Adam Smith)는 저서 국부론에서 '우리가 식사를 할 수 있는 것은 푸줏간, 양조장, 빵집 주인의 자비심이 아니라 그들의 이익 추구 덕분이다.'라고 한 바 있다. 이 말을 의료 분야에 적용한다면 '우리가 몸이 아플 때 의료서비스와 약품을 받을 수 있는 것은 의료인과 제약회사의 자비심이 아니라 그들의 이익 추구 덕분이다.'라고 할 수 있을 것이다. 즉, 대부분의 인간 행동의 동기는 돈과 관련이 있다고 말해도 과언이 아니라는 뜻이다.

질병을 앓는 환자는 투병기간의 괴로움과 남은 수명 감소, 투병기간 동안 일할 수 없게 되는 소득 감소(심지어 직업을 잃을지도 모르는 위험), 의료비용 지출 등의 손실을 입게 된다. 이러한 환자의 손실 중 의료비용 지출은 의료서비스와 의약품 공급자의 이익이 된다. 환자가 많이 발생하는 질병일수록 의료서비스와 의약품 공급자에게 더 큰 이익이 될 수 있기 때문에 그에 대한 연구개발도 활발히 이루어지지만 큰 이익이 되지 않는 희귀질환에 대한 연구개발은 소극적이다. 1996년 미국의 제약회사 길리어드 사이언스(Gilead Science)는 인플루엔자 항바이러스제 타미플루를 개발하여 현재까지 큰 이익을 얻고 있다. 그러나 2003년 유행했던 사스(SARS)와 2015년 유행했던 메르스(MERS)의 경우 2020년 현재까지 예방 백신이나 항바이러스 치료제가 개발되지 않았다. '돈이 되는가?'라는 경제적 관점으로 인해 희귀질환 환자가 다발생질환 환자에 비해 적절한 의료서비스와 의약품을 제공받기 어려운 결과가 나타나는 것은 인도적 관점에서 안타까운 현실이다.

경제활동을 하는 대다수의 개인 혹은 집단은 정치적 사건, 문화의 유행, 자연 재해, 감염병 유행 등 세상에서 벌어지는 다양하고 수많은 사건들이 자신 또는 사회의 경제활동에 미치는 영향을 금액 단위로 측정하고 싶어 한다. 정부기관은 '코로나-19의 유행으로 인해 발생한 환자, 사망자, 격리자, 실업자, 소득감소, 경제활동위축 등의 사회 총 손실을 금액으로 나타내면 얼마인가?'를 알고자 하며, 식당을 운영하는 자영업자는 '코로나-19 유행 기간 동안 손님 감소로 인한 손실액이 얼마인가?'를 알고자 한다. 이러한 금액들을 헤아리면 이로부터 손실을 줄이거나 이익을 늘리기 위한 행동을 계획하고 행한다. 이러한 경제적 관점으로 보면 감염병 유행을 예측하는 것은 그로부터 나아가 해당 감염병 유행이 사회에 미치는 경제적 영향(주로 손실)을 예측하고 손실을 줄이기 위한 대응책 마련을 위한 것으로 생각할 수 있다.

본 챕터에서는 감염병 유행의 경제적 영향을 다른 연구들을 국민경제와 자본시장으로 구분하여 소개하고 2020년 12월 현재 유행하고 있는 코로나-19의 경제적 영향과 전망을 살펴보기로 한다.

1. 감염병 유행의 국민경제 영향

감염병의 사회·경제적 영향은 전염성 없는 다른 질병처럼 비용 부담이 환자 개인이나 가족에게만 국한되지 않는다. 감염병이 유행하면 발병하지 않은 사람들의 사회활동도 위축되어 사업자의 매출이 감소하고 실업자가 증가하며, 동물 감염병의 경우 가축손실도 발생하는 등 국민 경제 전반에 걸쳐 영향이 확대된다. 다수의 감염병 유행 사례에서 감염병 자체의 직접적인 인적·물적 손실보다 감염병 확산 공포에 의한 경기 침체가 경제에 더 큰 부정적 영향을 초래했던 것으로 측정된 바 있다. 세계보건기구(WHO)는 2009년 질병이 경제에 미치는 영향을 미시경제, 거시경제의 관점에서 <표 3>과 같이 분류하였다.

표 3. 관점별 질병의 경제적 영향 범위

관점		영향 범위
거시경제	사회	국내총생산(GDP) 또는 성장률에 미치는 영향
		질병으로 인한 사회적 비용(의료비용과 비의료 비용)
		사회적 생산물 또는 효용에 미치는 영향
미시경제	가계	질병이 가계의 소득과 소비 패턴에 미치는 영향(단기, 장기)
		질병으로 인해 가계가 지출하는 의료비용과 비의료 비용(사건, 연, 일생)
	기업	질병이 기업의 운영비용과 이익에 미치는 영향
		질병이 노동생산성에 미치는 영향(생산성저하, 결근)
	정부	질병에 대응하기 위한 정부 예산의 규모 또는 비율
		질병이 정부 업무 서비스 가용성에 미치는 영향

출처 : 세계보건기구(2009)

질병 비용의 측정 범위는 연구자의 관심에 따라 달라지는데, 가장 좁은 범위는 보건의료비용으로 환자의 의료비용과, 교통비용, 간병비용, 생산성손실비용 등을 집계하며, 미시경제영역으로 확대할 경우 가계, 기업, 정부 관점에서 질병의 영향을 측정한다. 예컨대 어떤 근로자가 질병으로 인해 의료비용을 지출하고 투병기간 동안 일을 못하게 되면 기업은 해당 근로자의 노동력 부재로 인한 손실을 입거나 미숙련 대체 노동자로 인한 생산성 부족 손실을 입게 된다. 정부는 근로자의 의료비용 중 건강보험 급여만큼 재정손실을 입게 된다.

질병의 영향을 거시경제영역까지 확대하면 해당 질병이 국내총생산(GDP)에 미치는 영향을 측정하게 된다. 2009년 신종 인플루엔자A(H1N1) 대유행은 한국경제의 GDP를 0.4~5.6%(5조~67조원) 감소시킨 것으로 추정되며 2015년의 메르스(MERS) 유행은 한국 GDP를 0.26~1.3%(4조~20조원) 감소시킨 것으로 추정된다. 2020년 11월 현재 전 세계 대유행 중인 코로나-19 사태의 경우, 2020년 전 세계 GDP를 6~8%p 감소시킬 것으로 전망하는데, 금액으로는 5~7조 달러로 한국 GDP의 3배 가량에 이른다.

표 4. 감염병의 경제적 영향 금액 추정 사례

기간	지역	감염병	영향 범위	손실금액추정	문헌
1998-1999	말레이시아, 싱가포르	니파바이러스 (Nipah virus)	인명손실, 축산업손실	1억 500만 달러	FAO(2002)
1998-2002	소말리아	리프트밸리열 (Rift Valley Fever)	가축수출 손실	4억 3,500만 달러	Cagnolati et al(2006)
2003	중국, 홍콩, 대만 등	사스(SARS)	항공사 손실	70억 달러 이상	Reuters(2013)
2009	멕시코	신종 인플루엔자A(H1N1)	관광산업, 돈육산업 손실	28억 달러	Rassy(2012)
2009	한국	신종 인플루엔자A(H1N1)	인명손실, 수요충격	5조~67조 원 (GDP의 0.4%~5.6%)	조경엽, 송원근(2009)
2009	미국	신종 인플루엔자A(H1N1)	고용, 소비, 투자, 수출, 수입, GDP 등 거시경제전반	3,700억 달러 (GDP의 2.6%)	Dixon et al(2010)
2013-2015	가나, 라이베리아, 시에라리온	에볼라 바이러스(Ebola)	투자자 신뢰 상실	6억 달러	World Bank(2016)
2015	한국	메르스(MERS)	인명손실, 수요충격	4조~20조 원 (GDP의 0.26%~1.31%)	조경엽, 유진성(2015)

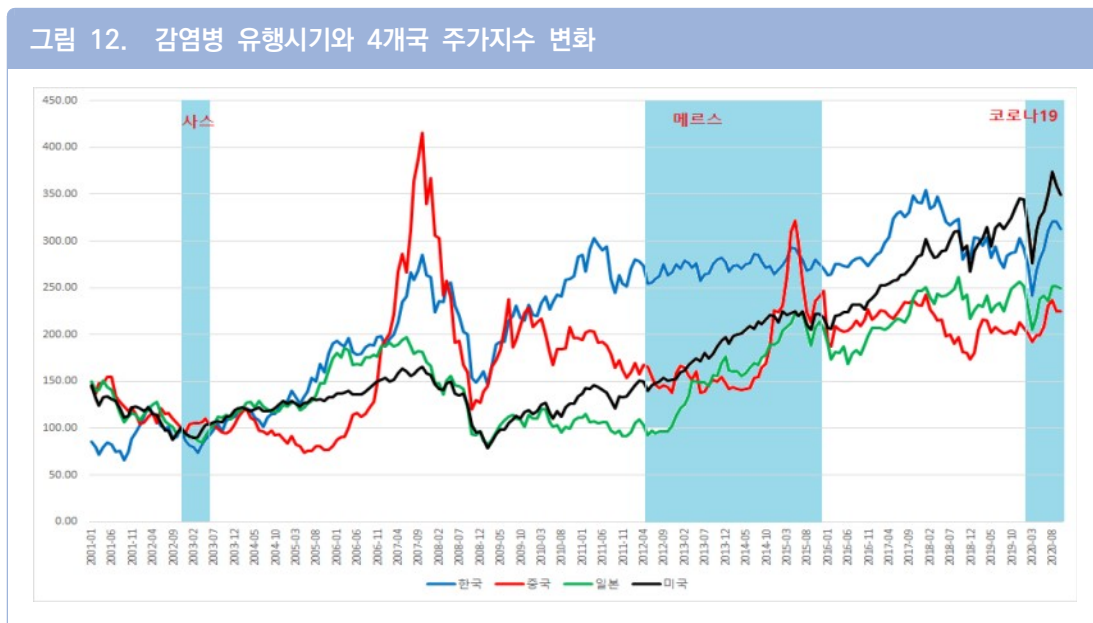
〈표 4〉는 감염병의 경제적 영향을 금액으로 추정한 연구 사례들이다. 사례들에서 볼 수 있듯이 감염병 유행의 영향 범위와 경제적 손실의 크기는 다양하다. 감염병의 직접적인 영향은 감염으로 인한 인명 및 물질 손실과 의료산업의 매출 증가 이익 등이 있으며, 간접적인 영향은 경제활동 위축으로 인한 운송, 관광, 숙박, 소매업 등 관련 산업의 매출 감소액과 투자자 신뢰, 고용, 소비, 투자, 수출, 수입 등 국민경제 전반에 걸쳐 나타날 수 있다.

질병의 경제적 영향을 추정하는 연구들로부터 의료, 제약 기업들은 해당 질병의 시장성을 평가하여 백신이나 치료제 등의 개발을 결정하게 되고, 정부는 심각한 사회적 손실을 유발하는 질병에 대응 우선순위를 정할 수 있으며, 사회적 거리두기나 봉쇄조치 등의 시행을 고려할 때 비용과 편익을 계산하여 결정할 수 있게 된다.

2. 감염병 유행의 자본시장 영향

주식, 채권, 외환 등의 자본시장은 세상에서 벌어지는 온갖 종류의 사건에 매우 민감하게 반응하여 관련 자본의 가격이 변동한다. 감염병이 유행하면 의료, 제약 기업들의 주가가 상승하고 경기침체가 예상됨에 따라 관광, 항공, 외식 등 대부분의 산업에 속한 기업들의 주가가 하락하는 경향이 있다. 이러한 주가의 변화는 사건의 영향이 체감할 수 있는 현실로 드러나기 전부터 투자자들의 미래 예상에 의해 나타나는 경우가 많다. 코로나-19 대유행이 체감할 수 있는 실물경제 충격으로 나타나기 전인 2020년 1월부터 세계 주식시장은 신종 바이러스 발생 뉴스에 크게 충격을 받아, 3월까지 전 세계의 주가지수가 전례 없이 큰 폭으로 하락하였다. 관광, 항공, 운송 등의 산업이 가장 큰 피해를 입은 가운데, 의료, 정보기술 등의 산업은 감염병 유행으로 수혜를 받아 이익과 주가가 상승하기도 했다. 이 당시의 주식시장 충격은 2008년 9월 시작되어 전 세계의 불황으로 이어진 글로벌 금융위기 충격에 비교되기도 한다.

그림 12. 감염병 유행시기와 4개국 주가지수 변화



2003년 중화권에서 유행한 사스(SARS) 사태는 감염병 유행의 영향이 유행지역의 관련 산업에만 국한되지 않고 국가 또는 세계 주식시장에 충격으로 나타날 수 있음을 보여주었고, 감염병 유행의 자본시장 영향에 관한 연구에 관심을 불러 일으켰다. <그림 12>는 사스(SARS) 발생시기인 2002년 11월을 100으로 조정한

한·중·일·미 4개국의 주가지수 변화를 나타낸다. 사스(SARS) 유행 시기에 한국 코스피 주가지수는 고점대비 30% 하락하였고, 메르스(MERS)가 한국에서 발생한 2015년 5월부터 12월까지 7개월 동안 4개국 모두 주가지수가 큰 폭으로 하락하기도 하였다.

코로나-19 발생은 2020년 1~3월 전 세계 주식시장의 동반 하락을 유발했으나 이후 4월부터 하락한 주식을 저가에 매입하려는 신규 참여자가 증가하고 백신과 치료제 개발 등으로 인한 경기회복 기대감에, 2020년 11월 현재 한국, 미국, 중국 등의 주가지수는 코로나-19 발생 전보다도 높은 수준으로 상승하였다. 코로나-19 유행으로 인한 소비위축과 실업률 증가 등의 실물경제 충격이 현재 진행 중인 것을 생각하면 미래의 경기회복 기대감에 의한 현재의 주식투자 열풍과 주가지수의 수준은 주식시장이 새로운 사건 발생과 이로 인한 미래의 기대에 매우 민감하게 반응하며 때로는 과잉반응이 나타나기도 함을 보여주는 사례이다.

감염병 유행 등의 사건이 기업의 주가에 미치는 영향은 사건 연구(event study) 방법론으로 측정한다. 초기의 사건 연구는 기업 인수합병, 유상증자, 신규 사업 확대 등 기업 경영과 관련된 사건들의 영향을 분석하였으나 2003년 사스(SARS) 사태 이후, 감염병 유행이 국가의 주가지수에도 유의미한 영향을 미칠 수 있음이 확인되고 감염병의 영향을 다룬 사건 연구가 발표되기 시작하였다. 사건 연구의 방법은 기업과 관련된 사건의 발표일 전후로 해당 기업의 주가에 비정상적인(abnormal) 변화가 있었는지를 통계적으로 검증한다. 비정상적인 주가변화는 기업의 주가변화가 해당 기업이 속한 주가지수의 변화에 비해 과도하게(통계적으로 유의하게) 높거나 낮게 변화한 경우를 의미한다. 감염병 발생 뉴스가 발표되고 주가지수가 하락했으나 어떤 제약기업의 주가는 크게 상승했다면 해당 제약기업은 감염병 발생으로 인해 비정상적 주가상승이 나타난 것으로 볼 수 있으며, 사건 연구란 이러한 비정상적 주가변화의 정도와 시기를 측정하여 해당 사건이 주식시장에 유의한 영향을 미치는지 검증하고 미래에 비슷한 사건이 발생할 시 관련 기업이나 산업의 주가반응을 예상하고자 하는 연구이다.

감염병 유행이 주식시장에 미치는 영향을 다룬 사건 연구들은 <표 5>에 정리되어 있다. 사스(SARS), 수족구병, 조류독감, 돼지열병 등은 전 세계적 대유행으로까지 이어지지는 않았기 때문에 유행 지역의 관련 산업 범위에서 분석이 이뤄졌다. 반면에 코로나-19는 전 세계적으로 대유행하고 있기 때문에 여러 나라의 주가지수를 대상으로 한 연구도 행해졌으며 분석 대상이 되는 사건도 감염병 발생뿐만 아니라 유행에 의한 봉쇄조치나 재정정책, 통화정책의 영향을 다루기도 하였다.

표 5. 감염병 유행의 주식시장 영향 사건 연구 사례

기간	지역	사건	분석대상	영향	문헌
2003	대만	사스(SARS) 유행	호텔 기업 주가	주가하락	Chen et al(2007)
2000-2010	한국	수족구병 유행 5건	농업 기업 주가	주가하락, 변동성상승	Pendell(2013)
2003-2014	미국	조류독감, 돼지 열병, 광우병, 살모넬라 유행	외식 기업 주가	주가하락, 09년 돼지열병 가장 큰 충격	Kim et al(2020)
2020	인도	코로나-19 봉쇄조치	31개 상장기업 주가	봉쇄 전 주가 하락, 봉쇄기간 상승	Alam et al(2020)
2020	아시아, 유럽, 북미 21개국	코로나-19 발생	21개국 주가지수	주가하락, 아시아 큰 하락	Liu et al(2020)
2020	미국, 유럽 17개국	코로나-19 발생, 사망, 재정정책, 통화정책 발표	17개국 주가지수	사망, 재정정책발표 후 주가하락, 통화정책 발표 후 주가안정	Heyden(2020)

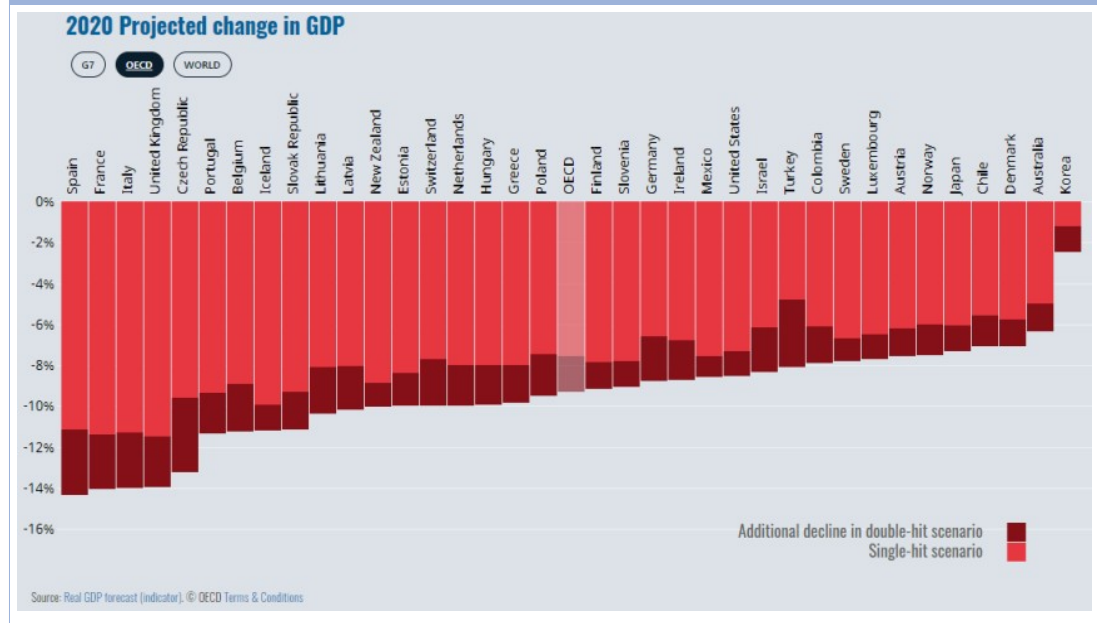
사건 연구는 사건발생으로 인한 관련기업 주가변동의 크기뿐만 아니라 사건발생 후 주가가 얼마나 빨리 반응하는지, 다시 말해 시장이 얼마나 효율적인지도 조사한다. 효율적 시장이란 새로운 정보가 자산 가격에 즉시 반영되는 시장을 말하며 시장효율성이 높을수록 사건의 영향이 가격에 빨리 반영된다. 효율성이 높은 시장에서는 사건발생에 대한 공식발표보다도 먼저 풍문이나 내부자거래 등으로 주가가 변하기도 한다. 이렇게 정보에 민감한 주식시장의 특성은 감염병 확산 예측에 활용할 수도 있을 것으로 생각된다. 정보를 얻기 어려운 타국에서 새로운 감염병이 발생할 경우, 발생 국가의 SNS 등의 여론과 함께 주식시장을 관찰함으로써 유행 초기의 정보를 신속하게(어쩌면 발생 국가의 공식발표보다 먼저) 파악하고 대비할 수도 있는 것이다.

3. 코로나-19의 경제적 영향과 전망

코로나-19 대유행의 영향은 2020년 12월 현재 실시간으로 진행되고 있다. 6,000만명이 넘는 확진자와 150만명이 넘는 사망자가 나타났으며 일일 신규 확진자 수는 계속하여 증가 추세이다. 확산을 막기 위한 봉쇄조치는 감염자의 인적·물적 손실을 초과하여 경제손실을 초래하고 있다. 2003년 사스(SARS) 유행은 전년도까지 10%를 넘는 고성장률을 기록하던 중국의 GDP성장률을 7%대로 하라시키고, 홍콩의 성장률을 2.6%p 감소시켰으며, 한국도 0.25%p 감소시키는 등 아시아 전역에 400억 달러가 넘는 경제적 손실을 초래한 것으로 추정된다. 코로나-19는 전 세계에 사스(SARS)보다 훨씬 더 큰 경제적 충격과 침체를 불러오고 있다.

경제협력개발기구(OECD)는 2020년 세계 경제성장률을 -4.5%로 전망하고 세계은행은 -5.2%로 전망하여 성장률 -1.68%였던 2009년 글로벌 금융위기 때보다 더 큰 세계 경제 위기로 이어질 것을 예상하고 있다. 경제협력개발기구(OECD)는 주요 국가들의 2020년 GDP성장률을 <그림 13>과 같이 전망하였다. 한국은 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중 코로나-19 유행으로 인한 경제적 타격이 가장 적은 국가일 것으로 예상했는데 그 이유로 첫 번째는 OECD 회원국 중 가장 양호하게 방역 대처를 했고, 두 번째는 제조업 비중이 높고 관광업 비중이 낮은 경제구조로 되어 있으며, 세 번째는 전면적인 봉쇄를 겪지 않았기 때문이다.

그림 13. OECD의 2020년 경제성장률 예측



2008년 글로벌 금융위기 이후 또 다시 전 세계적 경제위기를 겪고 있기 때문에 과거 경제위기의 사례를 통해 코로나-19 대유행 이후의 경제를 전망해 보기로 한다. 1997년 외환위기, 2008년 글로벌 금융위기와 현재의 코로나-19 대유행까지 공통적으로 경제위기 기간에는 정부개입이 확대되어 재정정책과 통화정책을 적극적으로 집행한다. 확대된 정부개입은 경제위기를 극복한 이후에도 작은 정부로 돌아가지 않고 계속해서 유지되는 경향이 있기 때문에 정부역할의 중요성은 계속해서 부각될 것이다. 경제위기의 피해는 일용직, 자영업자 등 취약계층에 집중되는 정도가 높아 일자리 양극화와 소득분배를 악화시킬 것이기 때문에 코로나-19 사태가

진정된 후에도 정부는 취약계층의 고용과 소득 여건을 개선하기 위한 뉴딜(New Deal) 정책의 집행이 필요할 것으로 보인다. 이 밖에도 코로나-19 유행으로 인해 학교, 기업, 기관 등에서 온라인교육, 재택근무, 화상회의의 수요가 계속해서 늘어나고 있으며 배달 소비가 매장 소비를 대체하는 등 여러 영역에서 디지털 경제가 확산되고 있다. 이에 따라 ICT 산업이 국민경제에서 차지하는 비중이 높아질 것으로 보이며 보건의료 산업의 비중 또한 높아져 이들 산업이 융합된 모바일 헬스케어, 원격의료 등의 성장 가능성이 클 것으로 전망된다.

V 결론

과거 농업이 나라의 근간이었던 시절에는 치수(治水)를 잘 하는 임금이 성군으로 여겨질 만큼 물이 인간생활에 미치는 영향력이 매우 컸다. 4차 산업혁명이라 불리는 현재를 살고 있는 우리에게 과거 치수의 대상이 되었던 ‘물’은 ‘정보’ 또는 ‘데이터’라는 이름으로 모양만 바꾼 채 여전히 존재한다. 즉, 매일매일 생활하는 일상 속에서 정보를 생산하고, 또한 정보를 먹고사는 현대사회에서는 이 정보의 파도를 제대로 이해하고 다스릴 수 있는 사람이나 국가가 진정한 승자인 시대가 도래한 것이다. 이와 같은 시대적 조류는 감염병 대응 분야에서도 예외가 아닌데, 특히 21세기에 들어서서 급속도로 발달된 교통수단과 도시화에 힘입어 그 어느 때 보다도 빠른 속도로 확산될 수 있는 능력을 얻은 바이러스들의 공격에 대해서 이들의 정보를 신속하게 파악하고 활용할 수 있는 능력이 그 어느 때보다도 절실히 요구된다.

융합연구리뷰에서는 코로나-19 대유행을 맞이하여 최근 예측 연구 분야에서 각광받고 있는 인공지능 기술이 감염병 대응 분야에서 어떻게 연구 및 활용되고 있는지에 대해서 과거 통계적 기법부터 최근 딥러닝 기술까지 사례 중심으로 이해하기 쉽게 설명하였다. 또한 점점 장기화 되어가고 있는 코로나-19로 인한 경제적인 피해규모를 과거 사스(SARS)나 조류독감 등의 사례와 비교해서 객관적으로 산출하기 위한 다양한 경제지표들에 대해서도 관련 연구사례들을 중심으로 기술하였다. 특히, 과거 글로벌 경제위기를 겪은 사례들을 살펴보면, 각 국가들의 자국우선주의가 강해져 국가 간 교류가 위축되고 자국의 산업과 일자리 보호를 위한 보호무역 기조가 강화되는 탈세계화가 나타난 것을 알 수 있다. 코로나-19 사태도 마찬가지로 이러한 탈세계화가 나타나고 있으며 방역을 명목으로 출입국 관리가 강화되어 국가 간 교류가 더욱 위축되는 중이다. 많은 글로벌 기업들은 이러한 탈세계화에 대응하여 자국의 공급망을 확대하고 타국 공급망을 축소하고 있다. 한국 경제는 무역의존도가 높고 무역 상대국도 미국, 일본, 중국의 비중이 높기 때문에 내수경제를 확대하고 3개국 외 다른 나라들과의 교역 비중을 늘려 탈세계화에 대응할 필요가 있다.

코로나-19로 인한 경제위기가 언제까지 이어질지는 알 수 없다. 그러나 어떤 경기위기라도 위기의 끝에는 새로운 경제성장과 호황이 찾아왔다. 코로나-19 사태 역시 백신 개발과 보급으로 인해 바이러스가 종식되면 위기 이후에 이어지는 새로운 호황이 예정되어 있다. 코로나-19 사태로 인한 전 세계적 경제 충격은 한국도

예외는 아니었지만 모범적인 방역으로 다른 국가들에 비해 그 피해가 적었기에 세계경제에서 한국경제의 비중과 위상이 높아지고 있다. 코로나-19 대유행 이후에 이어지는 디지털과 비대면 경제로의 전환을 성공적으로 선점한다면 한국경제의 위상은 더욱 높아지고 훗날 코로나-19 사태가 한국경제의 도약을 위한 계기로 기억될 수도 있을 것이다.

마지막으로 1년이라는 결코 짧지 않은 기간 동안, 코로나-19 대응의 최전선에서 온 몸으로 확산을 지연시켜 주신 분들과 제한된 정보와 시간에도 불구하고 코로나-19와의 2차전을 위한 백신과 치료제 개발에 박차를 가해 주신 모든 분들께 진심 어린 감사와 존경의 마음을 전한다.

저자_ 안인성(Insung Ahn)

• 학력

서울대학교 보건학 박사
고려대학교 생명공학 석사
고려대학교 응용동물학 석사
고려대학교 응용동물학 학사

• 경력

現) 한국과학기술정보연구원 책임연구원
現) 과학기술연합대학원대학교 데이터 및 HPC 과학전공
전임교수
現) 한국화학연구원 CEVI융합연구단 확산방지팀 팀장

저자_ 김주현(Ju Hyeon Kim)

• 학력

아주대학교 산업공학 석사
아주대학교 산업공학 학사

• 경력

現) 한국과학기술정보연구원 기술원
前) 비트컴퓨터 연구원

참고문헌

〈국내문헌 : 가나다순〉

- 1) 조경엽, 송원근 (2009), 신종 인플루엔자 대유행의 경제적 영향, 한국경제연구원
- 2) 조경엽, 유진성 (2015), 메르스 사태의 경제적 손실 추정, 한국경제연구원

〈국외문헌 : 알파벳순〉

- 3) Alam, M.N., Alam, M.S., Chavali, K., (2020). Stock Market Response during COVID-19 Lockdown Period in India: An Event Study. *The Journal of Asian Finance, Economics, and Business* 7, 131-137.
- 4) An C, Lim H, Kim DW, Chang JH, Choi YJ, Kim SW. (2020) Machine learning prediction for mortality of patients diagnosed with COVID-19: a nationwide Korean cohort study. *Sci Rep.* 10(1):18716. doi: 10.1038/s41598-020-75767-2.
- 5) Cagnolati, V., Tempia, S., Abdi, A.M. (2006), Economic impact of Rift Valley fever on the Somali livestock industry, *International Symposia on Veterinary Epidemiology and Economics Proceedings, ISVEE*, p. 551.
- 6) Chen, M.-H., Jang, S. (Shawn), Kim, W.G., (2007). The impact of the SARS outbreak on Taiwanese hotel stock performance: An event-study approach. *International Journal of Hospitality Management* 26, 200-212.
- 7) Chris Allen et al., *Applying GIS and Machine Learning Methods to Twitter Data for Multiscale Surveillance of Influenza*, PLoS one, 2016
- 8) Dixon, P.B., Lee, B., Muehlenbeck, T., Rimmer, M.T., Rose, A., Verikios, G. (2010). Effects on the U.S. of an H1N1 Epidemic: Analysis with a Quarterly CGE Model. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 7.
- 9) Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, Venugopalan S, Widner K, Madams T, Cuadros J, Kim R, Raman R, Nelson PC, Mega JL, Webster DR. (2016) Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA.* 316(22):2402-2410.
- 10) Juhyeon Kim & Insung Ahn, Weekly ILI patient ratio change prediction using news articles with support vector machine, *BMC bioinformatics*, 2019
- 11) Kanghuy Lee et al., Video-Based Contactless Heart-Rate Detection and Counting via Joint Blind Source Separation with Adaptive Noise Canceller, *Applied Sciences*, 2019
- 12) Lucia Kvapilova et al., Continuous Sound Collection Using Smartphones and Machine Learning to Measure Cough, *Digital Biomarkers*, 2019

- 13) Hyekyung Woo et al., Identification of Keywords From Twitter and Web Blog Posts to Detect Influenza Epidemics in Korea, Disaster Medicine and Public Health Preparedness, 2017
- 14) Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB. (1998) Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. Circulation. 97(18):1837-47.

〈기타문헌 : 마지막순서(홈페이지주소 등)〉

- 15) 골절위험도 평가 도구(Fracture Risk Assessment Tool, FRAX®), <https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/tool.aspx?lang=ko>
- 16) 메디컬투데이 2017년 4월 30일자 기사, '구글, AI 이용한 '당뇨병성 망막증' 진단기술 개발', https://m.healthcare.com/news/news_article_yong.jsp?mn_idx=183572
- 17) 블루닷 글로벌 감염병 위험도 분석시스템 홈페이지, <https://bluedot.global/products/insights/>
- 18) 블루닷 보고서 (2020), 'Preliminary risk analysis of 2019 novel coronavirus spread within and beyond China', <https://www.worldpop.org/resources/docs/china/WorldPop-coronavirus-spread-risk-analysis-v1-25Jan.pdf>
- 19) 연합뉴스 2016년 12월 29일자 기사, '미국, 질병부담 1위는 당뇨병', <https://www.yna.co.kr/view/AKR20161229067700009>
- 20) 중국 바이두 위치기반 서비스, <http://qianxi.baidu.com>
- 21) 중앙일보 2020년 1월 28일자 기사, '중 숨겨도 캐나다 시는 알았다...한달 전 우한폐렴 예측한 의사', <https://news.joins.com/article/23691481>
- 22) 지선하 등, 프레임험 모형은 한국인의 허혈성심질환 발생률을 과대 추정한다. <https://ir.ymlib.yonsei.ac.kr/handle/22282913/110999>
- 23) 청년의사 2019년 5월 17일자 기사, '[기획] 의료계 뜨겁게 달궜던 '왓슨' 열풍 이대로 식냐', <http://www.docdoc.co.kr/news/articleView.html?idxno=1068354>
- 24) 통계청 보도자료 '2019년 사망원인통계 결과', file:///Users/isahn/Downloads/2019%EB%85%84_%EC%82%AC%EB%A7%9D%EC%9B%90%EC%9D%B8%ED%86%B5%EA%B3%84_%EA%B2%B0%EA%B3%BC_vf.pdf
- 25) 프레임험 위험도 점수, https://en.wikipedia.org/wiki/Framingham_Risk_Score
- 26) 프레임험 위험도 계산기, https://alrtdiver.eu/en_US/articles/diving-and-cardiovascular-risk
- 27) American Diabetes Association 제공 당뇨병 위험도 자가예측 시스템, <https://www.diabetes.org/risk-test>
- 28) Begley, S. (2013) Flu-Conomics: The Next Pandemic Could Trigger Global Recession,
- 29) <https://www.reuters.com/article/us-reutersmagazine-davos-flu-economy/flu-conomics-the-next-pandemic-could-trigger-global-recession-idUSBRE90K0F820130121>, (January 21, 2013)
- 30) FAO (2002), Manual on the Diagnosis of Nipah Virus Infection in Animals, <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/005/ac449e/ac449e00.pdf>

- 31) Heyden, K., Heyden, T., (2020), Market Reactions to the Arrival and Containment of COVID-19: An Event Study. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3587497>
- 32) Harshavardhan Achrekar et al., Twitter improves seasonal influenza prediction, International Conference on Health Informatics 2012, <https://www.scitepress.org/papers/2012/37806/37806.pdf>
- 33) IATA, <https://www.iata.org>
- 34) IBM Watson Revies, <https://comparecamp.com/ibm-watson-review-pricing-pros-cons-features/>
- 35) Kim, Jaewook, Kim, Jewoo, Lee, S.K., Tang, L. (Rebecca), (2020), Effects of epidemic disease outbreaks on financial performance of restaurants: Event study method approach. *Journal of Hospitality and Tourism Management* 43, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.01.015>
- 36) Liu, H., Manzoor, A., Wang, C., Zhang, L., Manzoor, Z., (2020), The COVID-19 Outbreak and Affected Countries Stock Markets Response. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 2800. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082800>
- 37) Logan C. Brooks, Evan L. Ray, Jacob Bien, Johannes Bracher, Aaron Rumack, Ryan J. Tibshirani, Nicholas G. Reich. (2020) Comparing ensemble approaches for short-term probabilistic COVID-19 forecasts in the U.S. *International Institute of Forecasters Blog*. <https://covid19forecasthub.org/>
- 38) Pendell, D.L., Cho, C., (2013), Stock Market Reactions to Contagious Animal Disease Outbreaks: An Event Study in Korean Foot-and-Mouth Disease Outbreaks. *Agribusiness* 29, 455-468. <https://doi.org/10.1002/agr.21346>
- 39) Rassy, D., Smith, R. (2013). The economic impact of H1N1 on Mexico's tourist and pork sectors. *Health economics* 22, 824-34. <https://doi.org/10.1002/hec.2862>
- 40) World Bank (2016), 2014-2015 West Africa Ebola Crisis: Impact Update,
- 41) <http://www.worldbank.org/en/topic/macroeconomics/publication/2014-2015-west-africa-ebola-crisis-impact-update>
- 42) World Health Organization (2009), WHO guide to identifying the economic consequences of disease and injury, https://www.who.int/choice/publications/d_economic_impact_guide.pdf



02

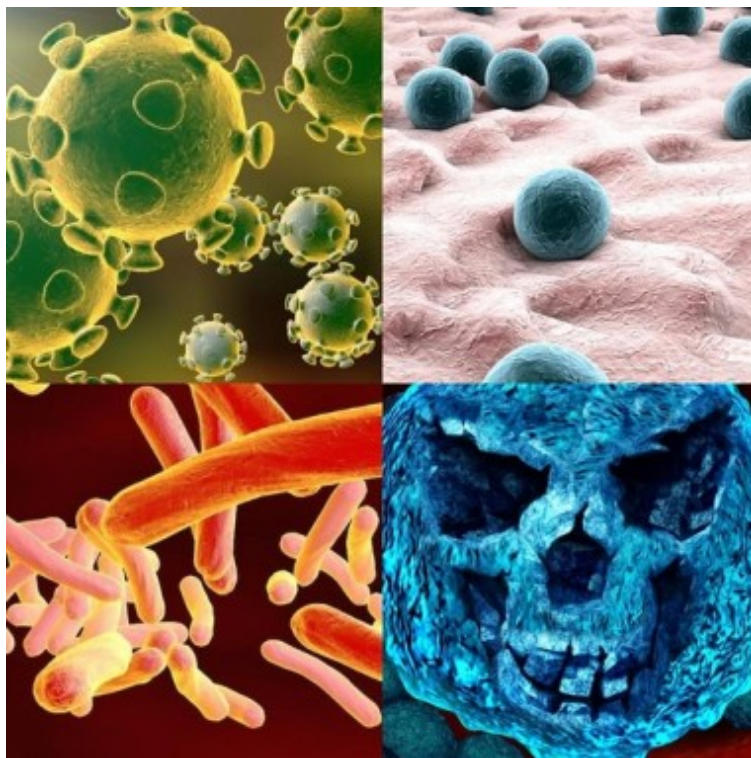
포스트 코로나 시대 : 방역 로봇의 현재와 미래

이동배(비전세미콘(주))

I 팬데믹과 방역 로봇의 대두

인류는 코로나-19가 등장하기 이전부터 병원균과의 사투를 벌여왔지만 특히 최근 들어 메르스(MERS), 사스(SARS) 등 전염병이 유행하며 인류를 공포로 몰아가고 있다. 이러한 감염률이 높은 전염병들은 치사율이 매우 높을뿐만 아니라 병원을 매개로 전파되는 사례도 많이 찾아볼 수 있다. 이러한 이유로 병원을 방문한 환자들이 병에 대한 치료 대신 치명적인 전염병을 얻을 수 있다는 것이 현실이다.

그림 1. 병원 감염을 일으키는 바이러스와 박테리아들



출처 : 제닉스 로보틱스

2019년 말 중국 우한에서 첫 감염자 사례가 나온 이후 코로나바이러스 감염병(코로나-19)이 전 세계로 퍼지면서 세계 경제가 큰 타격을 입고 있다.

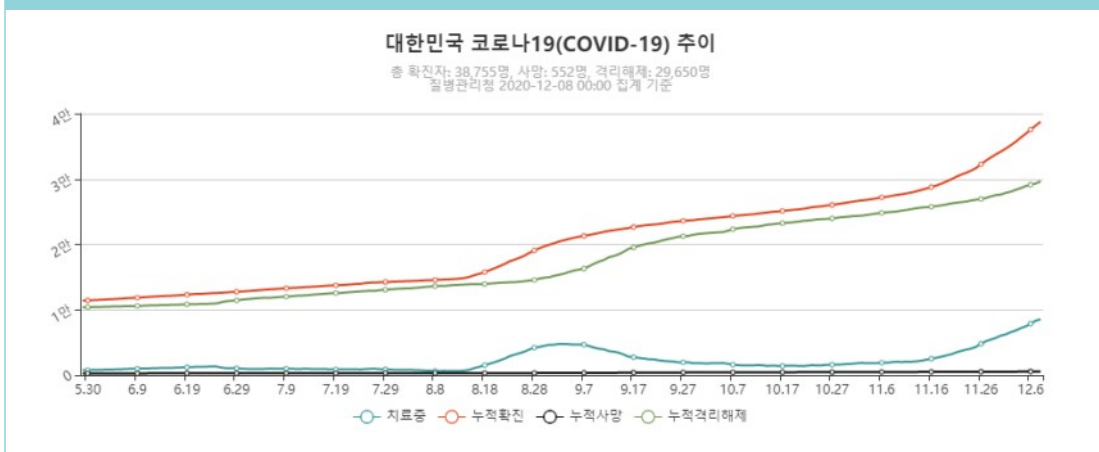
2020년 3월 초, 전 세계 누적 감염자 수가 12만 명을 넘어서고 4,300여명이 사망했으며, 110여개 국가로 확산됨에 따라, 세계보건기구(WHO, World Health Organization)는 2009년 신종인플루엔자로도 불린 신종 인플루엔자A(H1N1) 이후 처음으로 팬데믹(pandemic)을 공식 선언했다.

그림 2. 전 세계 코로나-19 추이



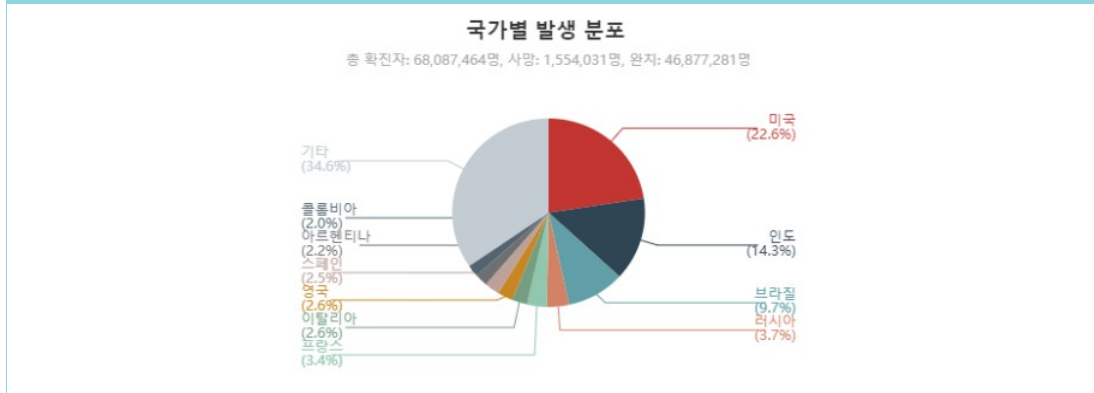
출처 : 코로나-19 실시간 상황판(<https://coronaboard.kr/>)

그림 3. 대한민국 코로나-19 추이



출처 : 코로나-19 실시간 상황판(<https://coronaboard.kr/>)

그림 4. 국가별 발생 분포

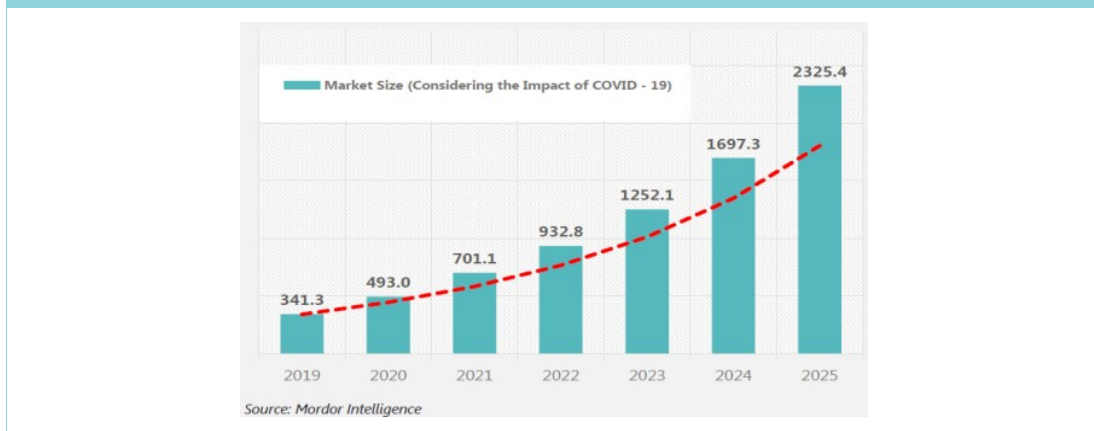


출처 : 코로나-19 실시간 상황판(<https://coronaboard.kr/>)

국제통화기금(IMF, International Monetary Fund)은 2020년 세계 경제 성장률을 -4.4%, 한국은 -1.9%로 전망했다. 코로나-19가 전 세계로 동시다발적으로 확산되면서 자동차, 섬유 등 주요 산업의 수요를 위축시키고 있다. 세계적으로 수요가 급감함에 따른 생산 감소가 불가피해졌고, 이는 결국 세계 경제 침체라는 큰 충격을 안겨주고 있다.

코로나-19 사태가 대부분의 산업에 악영향을 미치고 있는 가운데, 이와 반대로 로봇 산업, 특히 방역 로봇 분야는 수요가 급증하고 있다. 세계적 대유행이 확산될수록 로봇 자동화 기술의 필요성이 부각되고 있다. 시장분석 기관 모더 인텔리전스(Mordor Intelligence)에서 예측한 방역 로봇의 시장 규모를 보면, 2020년 493백만 달러에서 2025년 2,325.4백만 달러까지의 성장을 바라보고 있다.

그림 5. 방역 로봇 시장 규모(단위 : 백만 달러)



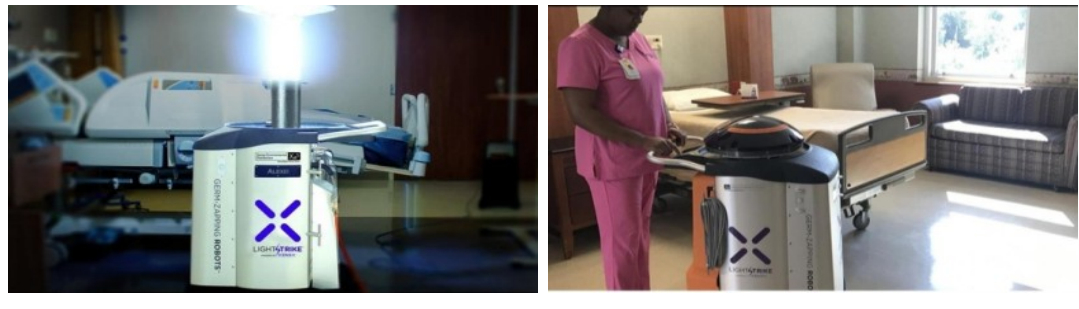
출처 : Mordor Intelligence

다양한 형태의 방역 로봇 중 자외선(UV, Ultra Violet) 기반의 방역 로봇이 개발과 상용화에 탄력을 받고 있다. 이러한 추세는 의료 환경뿐만 아니라 의약품, 백신, 의학 장비, 의학 보조도구 등의 발전에도 영향을 끼치고 있다.

코로나-19 유행 이전 시대에 병원감염(HAI, Hospital-Acquired Infection)을 막기 위한 자동화 및 로봇 활용 기술이 서서히 도입되고 있었고, 코로나-19가 등장하며 이러한 변화는 더 탄력을 받게 되었다. 전문가들은 전 세계 병원에서 효과적으로 전염을 막고 제어하기 위한 방안으로 방역을 위한 로봇 자동화 기술을 제시하고 있다.

이런 가운데 최근 미국 서던 캘리포니아 대학(USC, University of Southern California) 버두고 힐스 병원(Verdugo Hills Hospital)은 제닉스 로보틱스(Xenex)의 살균 로봇 ‘라이트 스트라이크(Light Strike Germ-Zapping Robot)’를 도입했다.

그림 6. 제닉스 로보틱스의 라이트 스트라이크(Light Strike)



출처 : 제닉스로보틱스

제닉스 로보틱스는 미국 텍사스 주 샌안토니오에 본사가 위치해있으며, 코로나-19 발생 이전부터 살균 로봇 ‘라이트 스트라이크(Light Strike)’를 제작하여 보급해왔다. ‘라이트 스트라이크’는 명칭에서부터 알 수 있듯이, 태양 빛보다 2,500배 이상 강한 자외선을 방출하여 각종 바이러스 등 유해 미생물들의 세포벽을 파괴함으로써 더 이상 확산되지 못하도록 한다. 이러한 강한 성능 덕분에 인플루엔자, 에볼라(Ebola) 바이러스 등 지구상에 존재하는 대부분의 치명적인 병원균들을 99.9% 죽일 수 있다. 이에 따라, 1대당 10만 달러에 육박하는 고가임에도 불구하고 미국, 유럽 등 전 세계 400여개 의료 시설에서 운용되고 있으며, 내원하는 환자들과 의료진들의 병원균 감염 위험을 낮추는 데 일등공신 역할을 하고 있다. 더불어 2분 만에 코로나바이러스를 죽일 수 있는 ‘라이트 스트라이크6’을 새로운 모델로 이번 12월에 출시했다.

그림 7. 라이트 스트라이크6(Light Strike6)



출처 : businesswire

미국 질병통제예방센터(CDC, Centers for Disease Control and Prevention)에 따르면, 한 해 미국에서는 병원 내 감염이 170만여 건 발생하며, 9만 9천여 명이 사망한다고 한다. 우리나라의 경우도 병원 내 감염이 빈번하게 발생하고 있다. 병원 내 감염의 원인이 되는 미생물들은 의료진, 환자, 방문객 등의 비말이나 손을 매개로 전파될 수 있으며, 병원 내 각종 시설물에 정착하여 번식할 수도 있다. 이를 예방하기 위해 사람이 직접 소독작업을 해도, 완벽하지 않아 감염의 위험은 언제나 도사리고 있다.

사람 간 감염의 위험에서 로봇은 자유롭다. 대면 작업이 줄어들고 비대면 시대가 각광 받으면서 기존 사람의 작업 영역에 로봇이 서서히 스며들기 시작했다. 사람의 직접적인 접촉 없이도, 효과적인 살균 소독작업이 가능한 다양한 방역 로봇들이 곳곳에서 출시되고 있다. 제닉스 로보틱스뿐만 아니라 블루 오션 로보틱스(Blue Ocean Robotics), 아카라 로보틱스(Akara Robotics), 유버, 인아텍 등 전 세계 여러 기업들이 의료용 자외선 살균 로봇을 개발, 보급하고 있다.

융합연구리뷰에서는 국내외에서 연구 및 개발된 다양한 방역 로봇들을 살펴보고, 방역 로봇 관련 국내 정책 및 시사점을 논한다.

II 국내외 기술 개발 현황

1. 국내 기술 개발 현황

1.1. 유버(UVER)

로봇 신문에 따르면, 자외선 발광다이오드(UV LED) 시스템 전문 기업 유버(대표 강용훈)는 이동식 살균 로봇을 개발했다. 이 로봇은 자외선 발광다이오드(UV LED)를 사용하여 화학약품을 이용한 살균보다 안전하며, 공기정화 기능이 탑재되어 공기 살균까지 가능한 제품으로, 발광다이오드(LED) 타입으로는 세계 최초이다.

유버의 살균 로봇에는 2m까지 운용 가능한 로봇 팔이 탑재되어 있어 바닥부터 천장까지 360도 회전하면서 살균이 가능하다. 사용 장소에 따라 공항, 대형·개인 병원, 어린이집, 가정용 등 6가지 제품군으로 구성되었다.

또한 이 로봇으로 메르스(MERS), 사스(SARS), 코로나-19 등의 각종 호흡기 질환 전염균과 병원에서 발생하는 항생제 내성균들도 99.99% 제거된다는 공식 살균 데이터를 확보하였다. 고려대학교 안산병원 의과대학 감염내과 연구팀과 코로나-19 확진자 20명이 머물렀던 병실을 대상으로 살균력을 블라인드 테스트 한 결과, 침대 시트, 화장실 등 코로나바이러스가 검출되었던 모든 부분에서 음성으로 변한 것이 확인됐다.

유버 측에 의하면, 살균에 적용된 발광다이오드(LED)는 반도체 칩을 실장할 수 있는 기술로 과거 여러 바이러스, 박테리아 균종을 대상으로 실험을 해왔으며, 이 실험을 토대로 가장 살균력이 높은 파장대를 조사하기 위해 반도체 집적 기술을 접목해 살균 광원을 개발하였고, 이를 적용한 살균 시스템도 공급하고 있다.

유버는 안산시와 손잡고 코로나-19 확산 방지 예방 활동으로 코로나-19 확산 초기부터 유동 인구가 하루 100명이 넘는 밀집 장소와 취약 시설을 대상으로 살균 시스템을 투입하였다.

그림 8. 유버의 자외선 살균 로봇



출처 : 전자신문

그림 9. 유버의 자외선 살균 로봇이 코로나-19 확진자가 머물렀던 중환자실을 소독하고 있다



출처 : 유버

1.2. 인아텍(INATECH)

반도체 기계장비·산업용 로봇 전문 기업 인아텍(대표 신동혁)은 2020년 3월, 자외선-C(UV-C) 살균 자율주행 로봇 ‘인아케어 4.0(INACARE 4.0)’을 출시했다.

‘인아케어 4.0’은 자외선-C(UV-C)를 이용하여 살균하는 방식이다. 자외선-C(UV-C)는 자외선 파장 중 가장 살균력이 높은 파장대로 짧은 시간에 병원균을 박멸할 수 있으며, 병원균의 DNA 구조를 파괴하여 유해한 미생물을 99.9% 제거한다. 이를 위한 검증으로 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에 의뢰하여 시험한 결과, 2m 정도 떨어진 거리에서 자외선-C(UV-C)를 조사했을 때 대장균, 황색포도상구균, 항생제 내성 세균(MRSA, Methicillin-Resistant Staphylococcus Aureus), 폐렴균 등이 99.9% 제거되는 것으로 확인되었다.

기기 상부에 자외선 모듈이 장착돼 360도로 소독이 되며, 높은 벽면 소독에도 용이하게 설계 되었다. 옵션사양으로 램프 상단에 액상 분사 노즐을 설치해 살균수를 통한 소독도 가능하다. 99.999% 강력 살균이 가능한 살균액은 인체에 무해하며, 자외선-C(UV-C)와 이중으로 살균작용을 하여 살균력을 높였다.

기기 하부는 4축 이동 바퀴로 5.4km/h 속도의 자율주행이 가능하고, 3시간 충전으로 최대 8시간 구동이 가능하며, 저속주행(0.1m/s) 살균도 가능하다. 또한 웹 기반의 사용자 인터페이스로 공간 맵핑과 옵션 편집이 가능해 넓은 공간도 무인 방역 작업을 수행할 수 있다. ‘인아케어 4.0’의 하부 플랫폼은 물류 이송 현장에서 사용되는 자율주행 로봇 ‘MiR’제품이다. ‘MiR’은 레이저 스캐너와 3D 카메라를 통해 사람과 장애물 사이를 감지하며 운전이 가능하여 사람이 더욱 안전하고 편리하게 작업할 수 있으며, 상단 모듈 전환, 임무 변경 등 손쉽게 새로운 기능을 추가할 수 있다. 인아텍은 ‘MiR’을 활용하여 고객의 요구사항에 맞게 탑 모듈을 구성해주고 있으며, ‘인아케어 4.0’도 이처럼 상단에 살균 모듈을 부착하여 제작되었다.

‘인아케어 4.0’은 살균 소독 작업 공간을 10분 이내에 효과적으로 살균한다(2분X5 포인트). 살균 소독 중에는 접근 금지 안내 방송이 가능하며, 와이파이(wifi) 통신을 통해 원격 제어도 가능하다. 해당 로봇은 사람이 어플리케이션을 통해 지시를 하면 작업 공간에 자율주행으로 이동하여 지시한 대로 소독을 진행한다. 소독 작업이 완료되면 스스로 다음 위치로 이동하여 소독을 진행하며 모든 소독 작업이 완료되면 보고서도 작성한다. 사람과의 접촉을 최소화하기 때문에 의료기관, 요양시설, 학교, 어린이집, 식당, 사무실, 전시회장 등 살균 소독이 필요한 다양한 장소에 활용 가능하다.

그림 10. 인아텍의 자율주행 UV-C 살균 방역 로봇, 자율주행 UV-C 및 스프레이 살균 방역 로봇

 <p>자율주행 UV-C 살균 방역 로봇</p>	 <p>자율주행 UV-C 및 스프레이 살균 방역 로봇</p>	치수	UV-C	L900 X W590 X H1550 mm
			UV-C+스프레이	L900 X W590 X H1330 mm
		적용 범위	360°	
		총 무게	UV-C	약 130kg
			UV-C+스프레이	약 160kg
		UV 파장	254nm (UV-C)	
		UV-C 살균 램프	41W/65W X 8개	
		전원	AC 220V	
		UV 연속 조사 시간	최대 3.5시간	
		통신 기반	WiFi 기반(무선) 기본 앱	
		주행 가능 시간	최대 8시간	
		배터리 충전 시간	4시간	
		속도	속도 5.4km/h	
		용도	병원, 백화점, 호텔, 전시회장 등	

출처 : 인아텍

1.3. 힐스엔지니어링

힐스엔지니어링은 인공지능(AI) 기반 물류 로봇을 토대로 물류 시스템 컨설팅, 스마트 팩토리 솔루션 등을 제공하는 국내 업체이다. 자율주행 물류 로봇과 관련하여 다양한 지식재산권을 보유하고 있으며, 노동 의존성이 큰 물류센터 작업현장을 인간친화적으로 개선하기 위해 자율주행 물류 로봇 ‘로로봇 L1’을 개발하여 세계 최대 IT전시회인 CES2020에 출품하였다.

최근 힐스엔지니어링에서는 방역 효율을 높이기 위해 자외선-C(UV-C) 방역과 약재 방역을 혼합하여 탑재한 인공지능 기반 자율주행 방역 로봇인 ‘코로봇’을 개발했다. ‘코로봇’은 장애물을 피해 방역 지점까지 이동하여 인공지능 기반의 거리센서로 형태가 정해지지 않은 다양한 물체를 파악하고, 적정한 약재를 분사하는 방식으로 방역 작업을 수행한다. 즉, 노즐에 따른 약재 분사량과 ‘코로봇’의 현재 속도를 기반으로 약재의 적정 분사량을 계산하여 분사한다. 약재는 인체에 무해하고 방역 효과가 입증된 과산화수소(H₂O₂)와 이산화 염소(ClO₂)를 채택했다. 사람에게 영향이 끼치지 않도록 차폐되어있는 자외선-C(UV-C) 모듈을 이용하여 천장이나 바닥 또한 방역을 진행하며 ‘코로봇’에 탑재된 매니퓰레이터(Manipulator, 인간의 팔과 유사한 동작을 제공하는 기계적인 장치)가 이 외 살균되지 않은 부분을 방역한다. 마지막으로 ‘코로봇’ 상부에 부착된 에어 서큘레이터(공기

순환기)의 세라믹 히터를 이용하여 공기 중에 존재하는 부유균을 고온 살균하며 탈취 작업을 수행한다. 이는 기존 인력 투입 방식으로 운영되던 방식을 대체하여 보다 완벽한 방역이 되고, 사람과 공존하는 환경에서 방역 작업을 수행할 수 있도록 한다.

최근 한국중부발전과 구매 검토 논의가 이루어졌으며, 사우디아라비아 석유회사에서도 로봇 구매 관심을 보일 정도로 '코로봇'은 세계적인 관심을 받고 있다. 또한 수요자 맞춤형 로봇을 제작·공급하기 위해 기업 컨설팅을 적극적으로 제공하고, 렌탈 사업 분야로 확대를 검토 중이다.

그림 11. 힐스엔지니어링의 코로봇



출처 : 뉴스다임

1.4. 한국과학기술연구원(KIST)

한국과학기술연구원(이하 KIST)은 지난 10월 20일 ‘한국과학기술자협회-KIST 연구성과 세미나’에서 코로나-19 관련 연구 성과를 발표했다. 세미나에서 KIST는 자외선(UV)과 소독약을 동시에 사용하는 방역 자율 로봇 ‘에이드봇(AIDBOT, Artificial Intelligence Disinfection roBOT)’을 소개했다. 코로나-19 방역 과정에서 감염 위험에 노출되는 위험을 방지하기 위해 비접촉 기반 방역 로봇 ‘에이드봇’을 개발했다고 밝혔다. KIST의

김강건 선임연구원은 “UV방식 및 소독약 분사를 동시에 사용하는 로봇은 없다”라고 말했다. 현재 세계 각국에서는 다양한 방역 로봇이 개발되고 있는데, 대부분 자외선-C(UV-C) 소독 또는 약제 분사 소독 방식 중 한 가지 방식을 탑재하거나 또는 두 가지 방식을 모두 탑재하나 두 가지 기능을 각각 개별적으로 사용하는 로봇이 개발되고 있다. KIST의 연구진이 개발한 로봇은 두 가지 기능이 모두 탑재되어 있고 두 가지 방식을 동시에 사용할 수 있다.

또한 ‘에이드봇’은 KIST가 자체 보유한 자율주행 로봇 기술에 방역 목표 자동 인식 기술이 접목되어 있다. 즉, 카메라로 3D 맵핑을 하고 방역 작업할 공간과 물체를 인식하여 이동 후 작업을 수행한다. 사용자를 위한 소프트웨어도 제공하여 사용자가 원격 제어로 감염 위험과 시공간 제약 없이 원하는 곳을 방역할 수 있도록 한다.

김강건 선임연구원은 “실증 실험을 통해 로봇을 개선하고 고도화하여 기술을 기업에 이전하여 상용화를 추진할 계획이고, 해당 로봇은 다수의 사람이 이용하는 건물 내에서 방역 작업을 수행하게 될 것”이라고 말했다.

그림 12. 자외선 소독 시연하는 자율주행 방역 로봇



출처 : 조선일보

1.5. 포테닛

자율주행 모빌리티 솔루션 개발 업체인 ‘포테닛’은 올해 초 자율주행 기반 방역 로봇 ‘Archon UV-C’를 개발하여 2020년 5월에 일본 로봇 기업인 ‘AZAPA’로 수출·공급 계약을 체결했다. ‘Archon UV-C’도 살균력이 높은 자외선-C(UV-C)를 이용하여 코로나-19의 DNA 구조를 파괴하여 전염을 막는다.

‘Archon UV-C’의 구동부는 충돌을 방지하는 센서를 장착하고 있으며, 카메라 모듈이 탑재되어 있어 사람이 접근하면 자동으로 방역을 멈춤으로써 인체에 유해한 자외선-C(UV-C)가 사람에게 최대한 영향을 끼치지 않도록 개발되었다. 이에, 병원, 쇼핑몰, 공항, 학교 등 다중 이용 시설의 방역 작업에 유용할 것으로 보여진다.

그림 13. 코로나-19 방역 작업 중인 Archon UV-C



출처 : 오마이뉴스

1.6. 도구공간

실내외 모두 주행이 가능하도록 자율주행 기술을 개발하는 회사 ‘도구공간’은 하드웨어, 소프트웨어, 인공지능 서비스, 기구설계, UX/UI(User Experience Design, 사용자 경험 디자인/User Interface, 사용자 인터페이스), 디자인까지 자체적으로 개발하여 융합솔루션을 만들고 있다. 자체 개발한 야외용 정밀위치인식 기술과 환경 인지 기술, 특수 목적용 로봇 플랫폼을 납품해왔다. 도구공간은 세계무역센터(WTC, World Trade Center)와 협약을 맺고, 3년간 연구개발한 자율주행 순찰 로봇 ‘디-봇 코르소(D-Bot Corso)’를 2020년 3월부터 서울 삼성동 코엑스 내 야간 자율 순찰 서비스에 제공했다.

코엑스 몰 내부를 자율주행으로 순찰을 돌며 화재·가스누출·침입자·비명소리 등 이상 징후를 자동으로 감지하고, 영상, 음향, 환경 정보를 관제실로 송출하여 사용자가 확인할 수 있도록 함으로써 관제실에서는 로봇 주변의 모든 상황을 원격으로 실시간 모니터링 할 수 있다. 이와 동시에, 사용자가 원하는 위치로 로봇을 이동시키며 정보를 수집할 수 있도록 원격제어가 가능하다.

‘디-봇 코르소’는 야간 순찰뿐만 아니라 방역 모듈을 옵션으로 장착하여 방역 서비스도 시행하고 있다. 주로 새벽 시간대(오후 10시~오전 7시) 순찰을 돌며 상가 내 방역 기능 수행뿐만 아니라 경비 인원의 순찰도 돕고 있다.

실내 방역을 위한 세이프 디퓨징(Safe Difusing) 기능이 탑재되어 있어, 소독약을 안전하게 분사할 수 있다.

그림 14. 디-봇 코르소(D-Bot Corso)



출처 : 도구공간

1.7. 한국로봇융합연구원(KIRO)

한국로봇융합연구원(이하 KIRO)은 국내 유일 로봇 전문생산기술연구기관으로 현장적용이 가능한 사업연계형 로봇 연구개발에 앞장서 왔다. 지난 4월, KIRO는 포항공과대학교 지능로봇연구센터와 공동으로 자율 이동형 방역 작업 로봇 ‘PRA-UVC’를 개발했다.

‘PRA-UVC’는 기존 KIRO에서 개발한 작업용 자율 이동 로봇 플랫폼(KIRO-AMM, Autonomous Mobile Manipulator)을 기반으로 자외선-C(UV-C)가 장착된 자율주행 방역 로봇이다. ‘PRA-UVC’는 무인 자율

방역 작업을 수행하기 위해 자율주행 및 장애물 회피, 인공지능을 통한 학습기능 등 첨단기능을 갖추고 있으며, 자외선-C(UV-C)가 부착된 매니플레이터를 이용하여 침대 아래와 같은 특정 부분 방역도 가능한 점이 특징적이다. 그래서 'PRA-UVC'는 병원, 요양원 방역 작업에서 유용하게 쓰일 수 있다.

또한 자외선-C(UV-C)뿐만 아니라 분사형 방역 로봇으로도 제작이 가능하며, 현재 여러 유관기관들과 병원 방역 현장 적용 테스트를 포함한 추가 개발을 진행하고 있다.

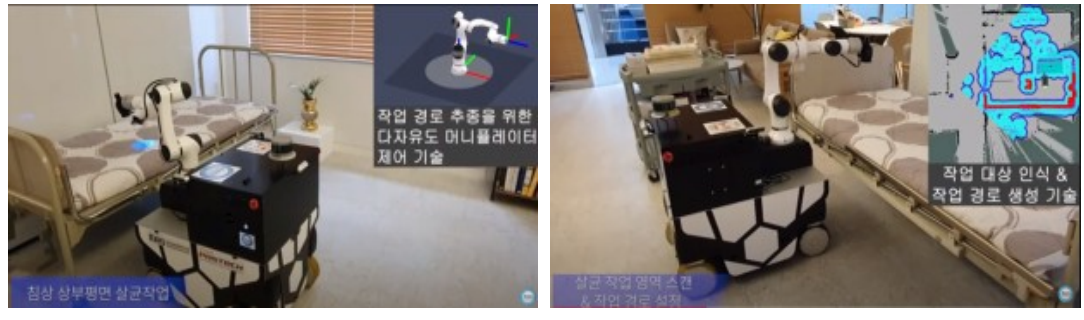
KIRO 여준구 원장은 “현재 작업용 자율 이동 로봇 플랫폼(AMM)이 상용화 단계까지 진행된 것은 국내에서 KIRO가 최초”라며, “해외 제품과 견주어도 KIRO-AMM과 같은 첨단기능을 갖춘 제품은 없다. 향후 KIRO가 보유한 자율 이동 로봇 플랫폼 기술을 물류 로봇과 같은 다양한 응용분야에 적용하여 한국을 대표하는 로봇 플랫폼으로 자리매김 하겠다.”고 밝혔다.

그림 15. PRA-UVC



출처 : 한국로봇융합연구원

그림 16. 목표 지점으로 자율 주행 후 방역 작업 중인 PRA-UVC



출처 : 한국로봇융합연구원 유튜브

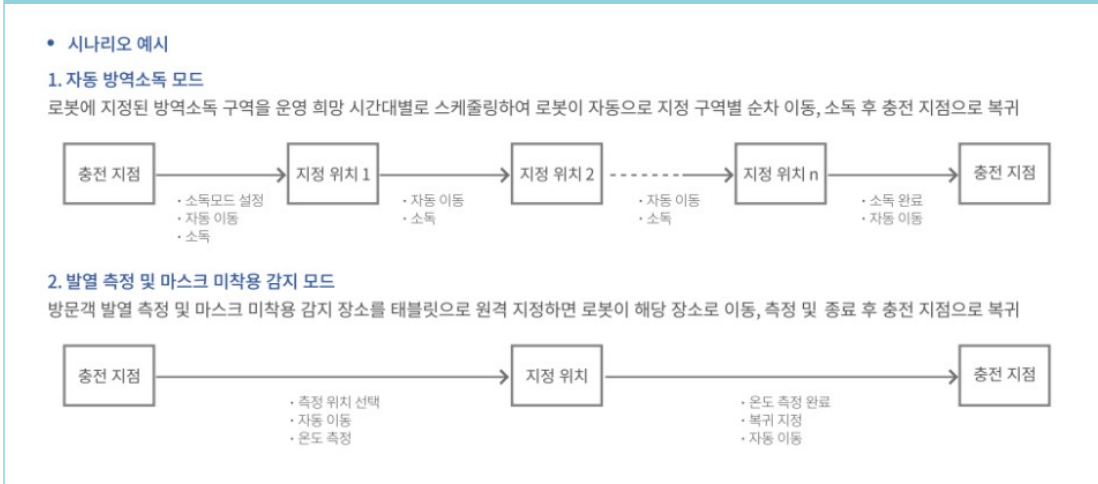
1.8. 퓨처로봇

퓨처로봇은 2009년에 설립되어 보안·경비, 주문·결제 안내 등 다양한 지능형 서비스 로봇 및 관련 기술을 연구개발해 온 인공지능 서비스 로봇 전문 기업이다. 지난 10여 년간 국내외 공항, 병원, 관공서, 기업, 학교 등 다양한 고객을 대상으로 납품해오며 많은 실적과 노하우를 축적해왔다.

지난 9월 감염병 확산 예방을 위해 개발한 인공지능 방역 소독 서비스 로봇 ‘FUro-S Care’를 출시했다. 퓨처로봇은 상용화를 위해 LG유플러스, 넷온과 사업 협력을 체결하였으며, 9월부터 H+양지병원에서 현장 실증을 수행 중이다. ‘FUro-S Care’는 병원 내부를 돌아다니며 최대 10명의 사람들의 얼굴을 0.3초 내로 인식하고 체온을 측정한다. 마스크 착용 여부까지 판단하여 음성 안내도 제공한다. 수집된 정보는 국내 첫 사례로 5G기반으로 구축된 통신망을 통해 중앙관제실로 전송한다.

또한 최대 25,000㎡ 범위까지 자율주행하여 사전에 설정한 건물 내 방역 소독구역 시설물을 소독액 또는 자외선(UV) 램프로 살균 소독 작업을 수행하며 15분 내에 1,000㎡까지 소독할 수 있다. 소독 주기·방식·구역 등의 서비스 시나리오를 사용자가 간편하게 설정하여 운영이 가능하도록 맞춤형 서비스 시나리오를 제공하고, 자동 충전도 가능하여 배터리가 일정 수준 이하로 되면 로봇이 스스로 충전소로 이동한다.

그림 17. 사용자에게 제공되는 맞춤형 시나리오 예시



출처 : 퓨처로봇

퓨처로봇은 분야별 전문 기업들이 공동으로 개발한 자율주행 방역 로봇인 'FUro-S Care'가 로봇 기술과 역량을 기반으로 별도의 인력 없이 지능적인 실내 방역 시스템을 조성하게 될 것이라 기대하고 있다.

그림 18. 퓨처로봇의 FUro-S Care

	사이즈	110(H)X54(W)X54(D) (cm) *소독액 분사 슬라이딩 헤드부 상승 시 150cm
	무게	65Kg
	센서	LiDAR (1ea, 최대 감지 범위 : 전방 25m) 초음파 센서 (6ea, 최대 감지 범위 : 범위 40cm) 추락 방지 센서 (3ea, 최소 감지 깊이 : 5cm) 깊이 감지 센서 (1ea, 최대 감지 거리 : 1.3m)
	발열 측정	초점 거리 : 3mm 실측 거리 : 1~3m 이내 알림 : 내장 스피커 경보음
	배터리	대기 시간 : 최대 12시간 동작 시간 : 최대 5시간 충전 시간 : 충전 4시간
	소독기준	최대 16리터 저장, 시간당 최대 2리터 분사
	주행	자율주행 최대 0.7m/s

출처 : 퓨처로봇

1.9. LG전자

코로나-19의 확산으로 인해 방역에 대한 중요성이 부각되면서 LG전자에서도 기존 자율주행 서비스 로봇을 기반으로 한 방역 로봇을 출시했다. LG전자는 2020년 12월 서울 삼성동 코엑스에서 열린 '2020 한국전자전(KES, Korea Electronics Show)'에서 'LG 클로이 살균봇'을 공개하여 관중의 이목을 집중시켰다. 'LG 클로이 살균봇'은 살균 작업에 많이 사용되는 자외선-C(UV-C) 램프를 이용해 세균을 제거하며, 한국건설생활환경시험연구원(KCL)으로부터 이 로봇에 있는 자외선-C(UV-C) 램프가 50센티미터 이내 거리에 있는 대장균을 99.9% 살균하는 효과를 확인했다.

'LG 클로이 살균봇'은 약 1.6m로, 구동부에는 장애물 회피가 가능한 자율주행 기술이 탑재되어 있으며, 몸체의 측면 좌우에 살균 작업을 위한 자외선-C(UV-C) 램프가 부착되어 있다. 이 로봇은 건물 내, 특히 호텔, 병원, 학교, 사회복지시설 등 분리된 공간이 많은 실내에서 자율주행하며 사람의 손이 닿는 모든 것을 살균한다.

LG전자는 '2020 한국전자전'에서 소독 약재를 분무하는 스프레이 타입의 살균 로봇 컨셉도 공개하며 이 로봇은 앞에서 소개한 'LG 클로이 살균봇'과 달리 사무실, 식당, 역사 등 넓은 공간에서 방역 작업이 유용하다고 소개했다.

그림 19. LG전자 클로이 살균봇

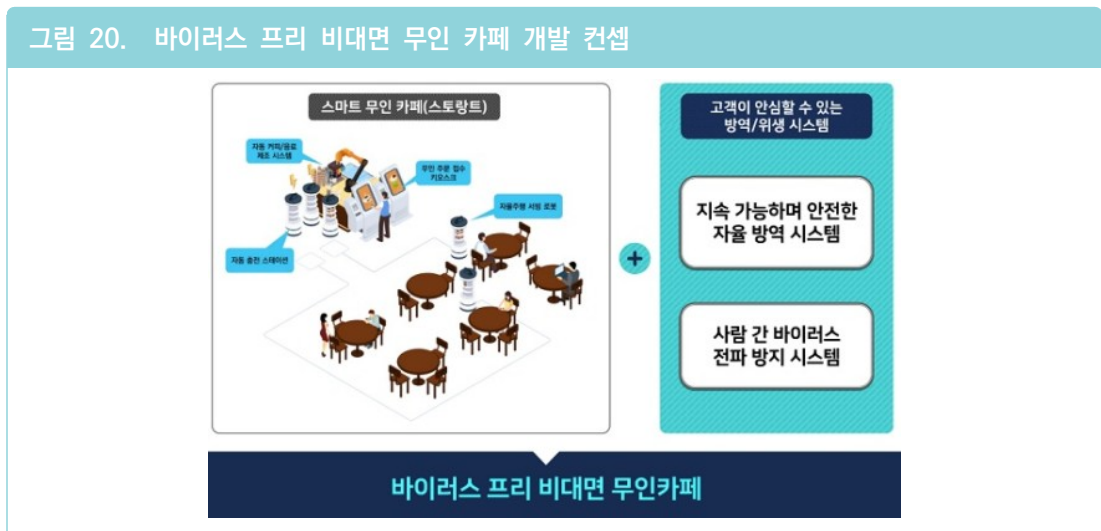


출처 : LG전자

1.10. 비전세미콘

비전세미콘은 반도체 후 공정 장비 플라즈마 클리닝·오븐 큐어링 제품을 20여 년간 개발해온 업력을 가지고 있는 대전 소재 중소기업으로 다년간 스마트 팩토리 관련 사업을 수행하며 쌓아온 노하우를 기반으로 결제-제조-서빙 일련의 서비스를 로봇으로 운영하는 무인 카페 시스템을 개발했다.

지난 2019년 10월 시스템 실증을 위한 시험 매장을 시작으로 2020년 5월, 대전 유성구에 비대면 무인 로봇 카페 본점 1호점을 오픈하며 ‘스토랑트’ 브랜드를 런칭했다. 비대면 무인 로봇 카페는 24시간 무인으로 운영되는 비대면 시스템으로, 코로나-19로 인해 비대면 경제가 활성화되며 주목받기 시작했다. 이와 맞물려 2020년 8월, 한국기계연구원과의 컨소시엄으로 과학기술정보통신부의 비대면 ICT R&D 바우처 과제에 선정되었다. 본 과제에서는 기존 무인 카페(스토랑트)에 인공지능 기반으로 고객과 매장 상태 정보를 파악해 바이러스로부터 안전한 최적의 방역 환경을 지속적으로 유지할 수 있는 ‘자율형 방역 로봇’과 고객 간 바이러스 전파를 최소화할 수 있는 ‘비말 차단 시스템’이 적용된 ‘바이러스 프리 비대면 무인 로봇 카페’를 만드는 것을 목표로 한다.



출처 : 비전세미콘

‘바이러스 프리 비대면 무인 로봇 카페’의 핵심기술은 ① 인공지능 기반 고객 인식 알고리즘 및 확률 바이러스 지도 작성 알고리즘, ② 자율주행 가능하며 공기 살균과 빈자리 소독 기능을 포함한 이동형 방역 로봇 시스템, ③ 고객 간 감염 차단을 위한 비말 차단 시스템 등이다.

이 과제를 통해 개발된 기술은 카페뿐만 아니라 동일한 형식으로 여러 다중 이용 시설로 쉽게 적용할 수 있어 경제적 효과가 매우 크며, 청소 로봇 이후 정체됐던 서비스 로봇 시장까지 선도할 수 있을 것이라 예상된다.

2. 해외 기술 개발 현황

2.1. (덴마크) UVD Robots

UVD Robots는 의료, 호텔, 건설, 농업 등 다양한 글로벌 시장에서 전문 서비스 로봇 개발을 선도하는 로봇 기업인 블루오션 로보틱스(Blue Ocean Robotics)의 자회사이다.

최근 공개한 UVD Robots의 3세대 자율주행 방역 로봇은 바이러스 등 각종 유해 미생물을 살균하며, 전 세계 60여개 국가의 병원, 호텔, 쇼핑몰, 식품회사, 청소업체, 크루즈선, 제약회사, 사무실 단지 등 방역 솔루션을 찾는 다양한 고객에게 납품되었다.

UVD Robots는 감염병과 관련하여 전문성을 가진 병원 및 기타 유수의 고객사들을 대상으로 5년여간 글로벌 시장에서 방역 로봇과 관련한 방대한 지식과 노하우를 쌓아왔다. 이를 기반으로 설계된 알고리즘과 기능이 UVD Robots의 자율주행 방역 로봇에 탑재되어 있다.

이 로봇 역시 자율주행 모바일 플랫폼 위에 자외선-C(UV-C) 램프를 부착한 형태이다. 방 안의 구조를 확인한 후 한 자리에서 1~2분 정도 살균 작업을 수행한 후 다른 자리로 이동해 살균 작업을 하는 방식으로, 최대한 사각지대 없이 자외선 소독 작업을 수행한다. 소독 능력이 탁월한 자외선-C(UV-C)를 사용하기 때문에 사람이 직접 작업하는 것보다 실수를 줄일 수 있고, 해당 로봇은 어떤 사용자라도 쉽게 운용할 수 있도록 사용자 친화적으로 설계·개발되었다. 덴마크의 유명 병원인 Odense University Hospital에서 살균 테스트, 주행 테스트, 사용자 인터렉션(User Interaction) 테스트를 수행하여 그 유용성을 입증하였다.

UVD Robots의 CEO 페르 줄 닐슨(Per Juul Nielsen)은 “UVD Robots는 세계에서 가장 앞서있는 기술로 개발되었으며, 사용자 친화적으로 3세대 방역 로봇을 설계했다”고 말했다. 누구나 몇 분 만에 로봇을 세팅하고 소독 작업을 즉시 시작하여 공기 중이나 모든 표면의 박테리아와 바이러스를 박멸할 수 있다고 한다.

UVD Robots의 3세대 방역 로봇은 소독 능력은 동일하지만 폭이 55cm로 이전 모델에 비해 크기가 매우 작다. 덕분에 매우 좁고 협소한 환경에서도 자유롭게 주행하며 방역 작업을 수행할 수 있기 때문에, 소형 호텔 객실 등 기존의 방역 로봇이 도입되기 어려운 곳의 살균 작업에도 쓰일 수 있다. 또한 배터리를 충분히 유지하여 다른 방역 작업을 계속 수행할 수 있도록 자동 충전 기능도 탑재되어 있어 배터리 양이 부족한

경우 스스로 충전 스테이션으로 찾아가 충전을 시작한다. 뿐만 아니라 다수의 사람이 혼재하는 공간에서도 운용하기 위해 4단계 안전 시스템을 구축하여 사람이 가까이 다가오면 방역 작업을 중단하도록 개발되었다.

이 로봇에는 전 세계 어느 방역 로봇에도 없는 기능이 있다. 로봇이 방역 작업 공간의 소독 수준을 감지하여 문서화해 사용자에게 제공하는 기능으로, 사용자는 방역 과정을 빠르고 손쉽게 조정 및 방역 품질을 최적화할 수 있다. 사클라우스 리사게르(Claus Risager) UVD Robots 이사회 의장은 “이 기능에 대한 특허를 획득했으며, 다양한 산업에 걸쳐 소독용 자외선-C(UV-C) 로봇의 미래를 새롭게 설계할 것”이라 말했다.

현재 이 로봇은 중국에 수출되어 병원 소독에 활용되고 있으며, 이를 통해 코로나바이러스 소독에 대한 유용성이 증명되면, 전 세계적으로 수요가 증가할 것이라고 예측되고 있다. 가격은 약 9만 달러로, 중국에는 2,000대 판매를 목표로 하고 있으며 이 외에도 현재 40여개 국가에 공급되었다.

그림 21. UVD Robots - ModelC



출처 : UVD Robots

그림 22. 캐나다 McGill University Health Center 방역하는 UVD Robots



출처 : UVD Robots

2.2. (중국) 유비테크

유비테크는 2012년 3월에 설립된 인공지능 휴머노이드 로봇 기업으로, 인공지능과 휴머노이드 로봇 연구개발, 플랫폼 소프트웨어 개발·운영 및 제품 판매를 하는 세계적인 기업이다. 또한 인공지능 교육, 스마트 리테일, 스마트 단지, 스마트 의료, 캠퍼스 보안 등 업종의 솔루션도 제공하여 중국의 과학 기술 혁신을 주도하고 있다. 현재 유비테크는 세계 각국에 5개 연구소를 보유하고 있으며, 지난 2018년에는 세계 최초 대규모 상용 서비스 로봇 운영시스템 'ROSA'를 출시했다.

유비테크는 선전(Shenzhen)의 샤오탕산 병원이라 불리는 제3인민병원에 스마트 로봇 3종을 투입하여 일선에 있는 의료진들의 건강과 안전을 지키고 있다. 로봇 3종은 체온 측정, 소독, 안내 등의 역할을 도맡아 하며 교차 감염 위험률을 낮추고, 방역의 높은 효율성을 입증했다.

이 중 실내 방역 로봇인 '에임봇'은 발열 진료소 등 24시간 동안 병원 실내를 돌면서 체온 측정을 통한 발열 감지, 마스크 착용 여부 인식, 유동 인원 밀집 모니터링, 방역 관련 소식 보도, 소독·살균, 물자 전달, 진료 안내 등의 임무를 수행한다. 다양한 역할로 인해 중국의 코로나-19와의 전쟁에서 방역, 소독, 물류, 순찰 등의 역할을 아우르며 여러 상황에 응용되었다.

‘에임봇’은 2.5m~3.5m 거리에서 최대 15명까지 한 번에 발열 측정을 할 수 있으며, 1분에 최대 200명 측정이 가능하다. 또한 로봇에 탑재된 자동 분사 모듈에 10L의 소독액을 넣고 24시간 지정한 장소에 대한 자동 방역 작업 및 방역 지역 관리를 수행할 수 있다.

그림 23. 병원 방역 작업 수행 중인 에임봇(AIMBOT)



출처 : UBTECH

그림 24. 학교 방역 작업 수행 중인 에임봇(AIMBOT)



출처 : UBTECH

2.3. (중국) 킨온

중국 서빙 로봇 기업 킨온(KEENON, 擎朗智能)사에서 코로나-19에 대하여 살균 로봇을 개발했다. 모델명은 'M2 UVC Disinfection Robot'이며, 실내 방역 작업 용도로 개발되었다. 주행부는 기존 킨온 사의 서비스 로봇과 거의 유사하고 실내 상부에 선반 대신 자외선(UV) 살균 램프와 자동 살균액 분사 모듈이 탑재되어 있다.

이 모델은 자율주행으로 운영되며, 카메라, 초음파센서, 적외선(IR, Infrared Ray) 센서, LiDAR, 범퍼 센서 등이 부착되어 있고 자동 충전이 가능하며, 최소 충전량, 충전 시간대를 설정할 수 있다. 뿐만 아니라, 1.5L의 살균액을 담을 수 있으며, 최대 8시간 동안 연속적으로 분사할 수 있다.

그림 25. 킨온의 M2 UVC Disinfection Robot

	규모(Dimensions)	500x500x1350mm
	무게(N.W.)	70kgs
	살균액 용량(Disinfection Liquid Capacity)	1.5L
	최고 속도(Max Speed)	1 m/s
	최대 경사(Max Slope)	<=5°
	정격 전력(Rated Power)	90W
	배터리 용량, 배터리 수명(Battery Capacity, Battery Life)	DC 48V 15Ah, >= 8h
	대기 전류(Standby Current)	<0.5A
	대기 시간(Standby Time)	>=48시간
	수명(Life Span)	20,000시간
	작업 환경(Working Environment)	실내(indoor), 매끄러운 바닥(smooth floor)
	환경 온도(Environment Temperature)	-10°C to 60°C
	충전 유형(Type of Charging)	자동/수동(Auto/Manual)
	충전 시간(Time of Charging)	6시간
	충전 세트의 규모(dimensions of the Charging Set)	230x220x290mm
충전 세트의 전압(Input Voltage of Charging Set)	220V/50Hz	
내구성(Endurance)	5-8년	

출처 : RobotLAB 홈페이지(<https://www.robotlab.com/store/connor-uvc-disinfection-robot>)

2.4. (아일랜드) 아카라 로보틱스

아카라 로보틱스(Akara Robotics)는 아일랜드 더블린 트리니티 대학(Trinity College)의 '로보틱스 이노베이션 연구팀(Robotics & Innovation Lab)'이 설립한 스타트업으로, 자율주행 기반 자외선-C(UV-C) 살균 로봇 '바이올렛(Violet)'을 개발했다. 이 로봇은 탁월한 방역 작업 능력을 갖추고 있어 사람이 하면 5시간 소요되는 병실 멸균 작업 시간이 절반으로 줄어든다.

자외선을 인체에 직접 쏘이게 되면 안구 손상, 피부암 등을 유발할 수 있기 때문에 자외선 살균 작업은 사람이 존재하지 않는 공간에서 이루어져야 한다. 하지만 '바이올렛'은 인텔(Intel)사의 모션 센서인 Movidius Vision Processing Unit(VPU)과 인공지능을 위한 Luxonis DepthAI platform을 이용하여 같은 공간에서 사람을 탐지·모션 추적하여 회피하도록 개발했다. 자외선-C(UV-C) 램프 주변 일부에 차단막을 설치하여, 사람이 탐지될 경우 차단막이 사람을 향하도록 한다. 또한 살균 작업 영역에 사람이 갑자기 나타난 경우 자외선-C(UV-C) 램프의 스위치를 내린다.

'바이올렛'은 이러한 안전기능이 탑재되어있고, 컴팩트한 사이즈 덕분에 화장실이나, 응접실, 크루즈선, 공항 등 유동인구가 많고 청소하기 어려운 공간에서도 활용이 가능하다.

그림 26. 아일랜드의 한 병원에서 테스트 중인 바이올렛 테스트 모델



출처 : Intel

그림 27. 바이올렛(Violet)



출처 : 아카라 로보틱스

2.5. (중국) 중신중공

중신중공(Citic Heavy Industries, 中信重工) 그룹의 자회사인 중신중공 카이칭인텔리전스(Citic Heavy Industries Kaicheng Intelligence, 中信重工开诚智能装备有限公司)는 주로 스마트 장비와 로봇을 제조하며, 특수 로봇 산업 기지를 기반으로 50여종의 특수 로봇을 개발했다. 중신중공은 지난 2월, 방역 특수 로봇 ‘샤오황런(小黄人)’을 개발했다. 중신중공은 이 로봇으로 푸젠(福建)성 푸딩시(福鼎) 룡안(龙安) 개발구에 위치한 인구 밀도가 높고 인구 유동량이 많은 농산물 거래 시장에서 소방 관련 관계자들과 협업하여 빠르고 민첩하게 사각지대 없는 전방위 소독 작업을 진행했다.

‘샤오황런’은 영상 모니터링을 통한 원격 제어가 가능하기 때문에 방역 작업자로 인해 발생할 수 있는 교차 감염 방지도 가능하며, 작업 방식에 있어서도 효율적이다.

그림 28. 종신중공의 실외 방역 로봇



출처 : 로봇신문

2.6. (중국) 뤼타이즈능

뤼타이즈능은 중국 선양(沈阳) 국제소프트웨어파크 내에 위치해 있으며, 다양한 환경에서 사용될 수 있는 소독 로봇 시리즈를 개발하고 방역 현장을 파악하여 이에 알맞은 소독 작업을 수행하는 자동 환경 모델링 기술도 상용화 진행 중이다. 2020년 1월경 뤼타이즈능은 인공지능 기술, 산업 로봇 관련 기술력이 총 집합된 방역 작업용 탱크형 소형 소독 로봇을 개발했다. 춘제 연휴가 끝난 2월부터 방역 작업용 탱크형 소형 소독 로봇은 국제소프트웨어파크 내부를 매일 순회하며 방역 작업을 수행하고 있다. 해당 로봇이 분무하는 약제는 인체에는 무해하지만 적은 용량으로도 효과가 크며 100% 분해되기 때문에 환경 보호 능력도 탁월한 소독액으로, 각종 바이러스, 세균, 진균 등을 비롯하여 코로나바이러스까지 박멸할 수 있다. 사람이 직접 소독하려면 큰 비용과 노동력, 시간이 들고, 감염의 위협에서 벗어날 수 없으나 해당 로봇을 이용하면 안전한 소독 작업이 가능하므로 현재 방역의 핵심으로 자리매김하고 있다.

방역 작업용 탱크형 소형 소독 로봇은 자율주행 및 자기 위치 인식 기능 기반으로 장애물 상황을 인식하며, 소독해야 하는 경로 및 면적을 스스로 계획한다. 소독액이 공중에서 60초 이상 머무를 수 있도록 하기 위해 소독액을 자동으로 분사하는 동시에 분무하는 기능이 있다. 예경보 기능과 원격 제어 기능을 추가하여 사용자가 운영하기에 용이하도록 제작되었다.

그림 29. 튀타이즈능의 실의 방역 로봇



출처 : 로봇신문

2.7. (홍콩) 지하철공사(MTR, Mass Transit Railway) 및 아발론 바이오메디컬(Avalon Biomedical)의 과산화수소 훈증멸균기(VHP, Vapourised Hydrogen Peroxide) 로봇

‘VHP 로봇’은 소형 냉장고와 비슷한 매우 작은 크기의 자율주행 방역 로봇이다. 크기가 작기 때문에 사람이 소독하기 힘든 곳까지 이동하면서 방역 작업이 가능하다. 사용자가 로봇의 경로와 소독 지점을 설정하면, 목표 지점으로 자율 이동하여 살균 작업을 수행한다.

가격은 12만 9,000달러로 판매되며, 수동모드일 때 20m 내에서만 조작성이 가능하고, 자동모드일 때는 8개 철도 차량을 소독하는 데 4시간 소요된다.

그림 30. VHP로봇



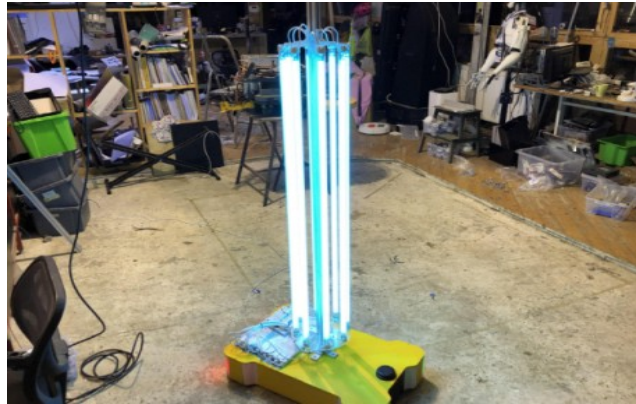
출처 : 대한뉴스

2.8. (루마니아) 모듈랩(Modulab)의 자외선-C(UV-C) 멸균 로봇

모듈랩의 멸균 로봇은 탁월한 살균 효과가 입증된 자외선-C(UV-C) 형광 튜브를 이용하여 제작되어 코로나 바이러스뿐만 아니라 각종 유해 박테리아, 바이러스, 곰팡이 등의 세포를 파괴시켜 박멸할 수 있다.

주행부는 아고라 로보틱스(Agora Robotics)와 협력하여 개발한 자율주행 로봇 플랫폼을 기반으로 장애물 회피 기능이 있으며 원격 제어도 가능하다.

그림 31. 모듈랩(Modulab)의 UV-C 멸균 로봇



출처 : 로봇신문

2.9. (중국) 가우시안 로보틱스(Gaussian Robotics)의 바닥 소독 기능을 갖춘 상용 청결·소독 로봇

가우시안 로보틱스(Gaussian Robotics)는 2013년에 설립되어 자율주행 기술 연구개발과 관련 애플리케이션을 개발해왔다. 코로나-19 유행 이전인 2014년, 상용 소독 로봇을 출시하였고, 이후 2년 만에 상용화에 성공했다. 이 로봇은 의료, 산업, 쇼핑센터 등에 1,000여대가 공급되었으며, 코로나-19 방역을 위해 우한, 후난, 상하이 등의 지역에 투입됐다.

해당 로봇의 소독 방식은 소독액을 지면에 뿌리고 닦는 방법으로 진행되며 한번 소독하면 바이러스의 밀도가 1,000분의 1로 낮아진다. 자동 충전 시스템이 탑재된 무인 자율주행 로봇이므로 경로 계획을 스스로 수립하여 균일하게 바닥 전면 소독이 가능하며, 작업자의 교차 감염도 예방할 수 있다.

가우시안 로보틱스 측은, 한 대의 스마트 소독 로봇이 2~3명의 소독 작업자를 대신할 수 있으며, 방역 작업의 효율성을 높이고 작업자의 번거로움을 크게 줄여줄 수 있다고 설명했다.

그림 32. 가우시안 로보틱스의 청결·소독 로봇



출처 : 로봇신문

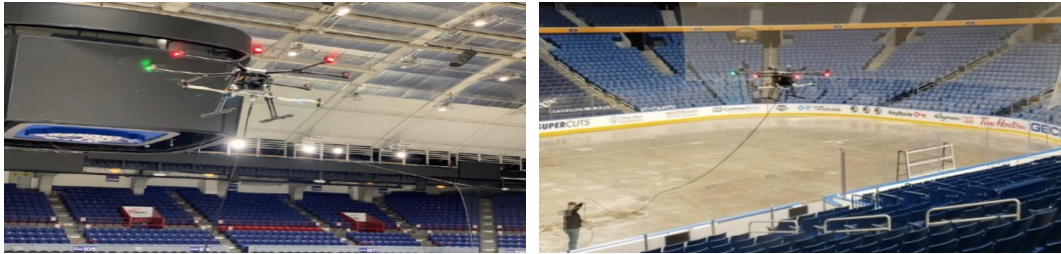
2.10. (미국) 이글호크(EagleHawk)

미국 뉴욕주 시러큐스(Syracuse)에 위치한 드론 스타트업인 이글호크(EagleHawk)는 열화상 카메라를 탑재한 드론을 개발하여 미국 정부, 대학, 의료시설 등에 공급해 온 업체다. 워싱턴타임즈 등 미국 유명 매체들은 이글호크가 최근 드론에서 열화상 카메라를 제거하고 소독약 분사 장치를 탑재하여 스포츠 경기장 또는 스타디움에서 코로나-19 방역 활동을 할 수 있는 드론을 개발했다고 보도했다.

이 드론은 지상에 있는 저장 탱크에서 소독약을 호스를 통해 보충 받는 방식으로 소독 작업을 수행하기 때문에 자체적으로 소독약 저장 탱크를 갖추고 있지 않다. 드론이 호스를 통해 소독액을 보충 받는 과정에서 호스가 좌석이나 경기장 내 다른 물체에 의해 걸리는 것을 막기 위해 다른 드론이 호스를 받쳐주기도 한다.

이글호크는 이 드론을 최근 버팔로시(Buffalo)에 위치한 키뱅크센터(KeyBank Center)와 시러큐스에 위치한 온센터 워 메모리얼 애리나(Oncenter War Memorial Arena)에서 빠르게 비행하며 경기장 내 좌석 등 시설에 소독약을 뿌리는 작업을 테스트했다고 밝혔다.

그림 33. 이글호크의 방역 드론



출처 : 이글호크

2.11. (미국) 디지털 에어루스(Digital Aerolus)

디지털 에어루스(Digital Aerolus)가 자외선-C(UV-C) 기반 소독 쿼드콥터(quadcopter) 드론인 ‘아에르투스(Aertos) 120-UVC’를 개발했다고 드론 디제이 등 매체들이 전했다.

이번에 개발한 드론에는 자외선을 비추는 36개의 발광다이오드(LED)가 장착되어 있으며, 해당 드론은 1.8m 이상 높이로 비행하면서 강력한 UV-C(265nm 파장)를 사용해 실내를 소독한다. 또한 GPS와 같은 특별한 기타 외부 보조 장치 없이 내부 공간 탐색이 가능하다.

‘아에르투스(Aertos) 120-UVC’는 5월부터 IT 제품 및 서비스 업체인 CDW사를 포함한 파트너 및 리셀러를 통해 판매 중이다.

그림 34. 디지털 에어루스의 ‘아에르투스(Aertos) 120-UVC’



출처 : 드론디제이

그림 35. 디지털 에어루스의 '아에르토스(Aertos) 120-UVC'



출처 : Tech Recipe 홈페이지(<https://techrecipe.co.kr/posts/16986>)

2.12. (미국) 아마존(Amazon)

아마존은 자사 식품 자회사인 홀푸드(Whole Foods) 매장과 창고에 자외선-C(UV-C) 살균 소독 로봇 도입을 준비하고 있다. 이 로봇은 호텔에서 흔하게 볼 수 있는 고객용 짐 카트와 유사한 외양이며, 구동부는 4개의 바퀴가 달려 있고 상단에는 10개 이상의 긴 형광등 모양 자외선-C(UV-C) 램프가 부착되어 있는 프레임이 있다.

이 로봇은 홀푸드 매장을 순회하며 불특정 다수의 손이 자주 거쳐 가는 냉장고의 문 손잡이나 각종 물건들 표면의 바이러스를 자외선(UV-C) 램프로 살균한다. 또한 홀푸드의 창고 살균 작업 수행도 가능하다.

그림 36. 아마존이 설계한 살균 로봇



출처 : CBS추적60분

2.13. (싱가포르) 세스토 로보틱스(Sesto Robotics)

싱가포르의 '로보틱스 앤 오토메이션뉴스'(Robotics & Automation News)에 따르면, 산업용 로봇 스타트업인 세스토 로보틱스(Sesto Robotics)가 24시간 소독 및 방역 활동이 가능한 모바일 살균 로봇을 개발했으며 호텔, 의료 시설 등을 대상으로 실증 테스트를 완료하여 상용화에 나선다고 보도했다.

세스토 로보틱스에서 개발한 모바일 살균 로봇 '세스토 헬스가드(SESTO HealthGUARD)'는 다중 노출 방식 살균액 분무기와 고출력 자외선-C(UV-C) 램프(6개)를 모두 장착하고 있는 제품이다. 기존 살균 로봇은 소독 약제를 분사하는 방식이거나 자외선-C(UV-C) 램프로 자외선을 조사하여 살균하는 방식인데 반해 '세스토 헬스가드'는 위의 두 가지 방식을 함께 지원하여 훨씬 효율적이다. 다중 노출 분무기를 이용해 불특정 다수의 접촉이 많은 피사체 표면을 소독하며 부착된 자외선-C(UV-C) 램프를 이용해 각종 병원균이나 박테리아, 바이러스 등 감염원을 99.9% 박멸한다. 또한 100㎡ 이상의 넓은 공간도 45분 안에 방역할 수 있다.

'세스토 헬스가드'는 배터리 한번 충전으로 최대 6시간 동안 방역 작업이 가능하고 방전된 배터리를 핫스왑(hopswap) 방식으로 5분 이내에 교체 가능하며 배터리 교체 기능 덕분에 24시간 방역 활동이 가능하다. 교체뿐만 아니라 자동 충전 시스템도 지원하므로 방전되기 전 스스로 도킹 스테이션으로 이동하여 충전한다.

'세스토 헬스가드'는 자율주행으로 이동하여 장애물과 사람을 피해갈 수 있다. 비좁은 공간에서도 운용이 가능하며, 사용자가 운용하기 용이하도록 태블릿이나 노트북에서도 로봇의 이동 경로와 방역 스케줄 등을 설정할 수 있다.

그림 37. 세스토 로보틱스의 24시간 소독 및 방역 활동이 가능한 모바일 살균 로봇



출처 : 로봇신문

3. 연구개발 동향

지금까지 살펴본 국내외 방역 로봇 개발 현황에 따르면, 대부분의 방역 로봇은 자율주행 구동부 위에 자외선-C(UV-C) 램프 또는 살균액 분무 모듈이 부착된 형태이다. 이러한 이유로, 방역 작업을 수행하기 전에 맵 작성이 선행되어야 한다.

이와 달리, 싱가포르의 기술 및 디자인 전문대학(Singapore University of Technology and Design) 소속의 Muthugala 등(J. Muthugala et. al.)의 연구진은 미지의 환경에서 거리 측정 센서(Range Sensor) 정보를 이용하여 실시간 경로 계획을 통해 벽을 따라 이동하며 방역 작업을 수행하는 로봇을 연구했다. 즉, 이 로봇은 거리 측정 센서 정보만을 가지고 퍼지 논리(Fuzzy Logic)를 활용하여 벽면 추종 주행(Wall-following) 행동을 하기 위한 로봇의 선속도, 각속도가 계산되어 움직인다. 해당 연구에서는 T1-FLS(Type 1 Fuzzy Logic System)와 IT2-FLS(Interval Type 2 Fuzzy Logic System), 두 가지의 퍼지 논리 시스템(Fuzzy Logic System)을 사용하여 시뮬레이션을 통한 비교 실험을 했다. 시뮬레이션 결과 IT2-FLS가 T1-FLS보다 훨씬 더 좋은 성능을 보였다.

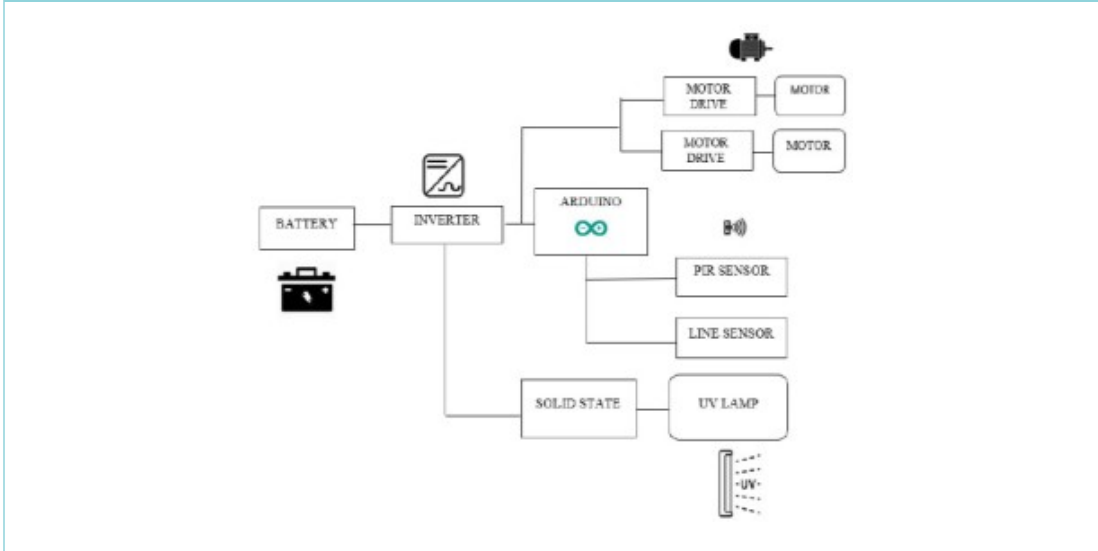
자율주행이 아닌, 라인 트래킹을 하며 방역 작업을 수행하는 연구도 있다. 인도의 벨라가푸디 라미크리슈나 싯다르타 엔지니어링 대학(Velagapudi Ramakrishna Siddhartha Engineering College) 소속 Vyshnavi 등(A.Vyshnavi et. al.)의 연구진은 아두이노를 기반으로 임베디드 시스템을 구성했다.

그림 38. 자외선 로봇(UV Robot)의 디자인



출처 : A. Vyshnavi et. al.(2020)

그림 39. 제어시스템의 블록 다이어그램(Block Diagram of Controlling System)



출처 : A. Vyshnavi et. al.(2020)

라인 트래킹 구동부 위에 20W의 자외선(UV) 램프를 부착하여 방역 작업을 수행한다. 최상단에 설치한 적외선 인체감지 센서(PIR센서, Passive Infrared Sensor)를 이용하여 사람이나 동물 등이 접근하면 자외선(UV) 램프가 꺼지고, 사람이나 동물이 사라지면 자외선(UV) 램프가 다시 켜지도록 개발되었다. 본 로봇을 가지고 살균 테스트를 한 결과, 자외선 로봇(UV Robot)이 표면에 존재하는 코로나바이러스를 박멸하기 위해서는 최소 57초 이상이 필요한 것으로 밝혀졌다.

표 1. 자외선 로봇(UV Robot)의 살균 테스트 결과

조건 (Conditions)	소독에 걸리는 시간 (Time taken to disinfect) 12x12 피트(feet) 규모의 방(room)	소독에 걸리는 시간 (Time taken to disinfect) 15x15 피트(feet) 규모의 방(room)
인체감지가 안되는 경우 (Without any human detection)	10분	16분 49초
인체감지가 되는 경우 (With human detection)	>10분	>16분 49초

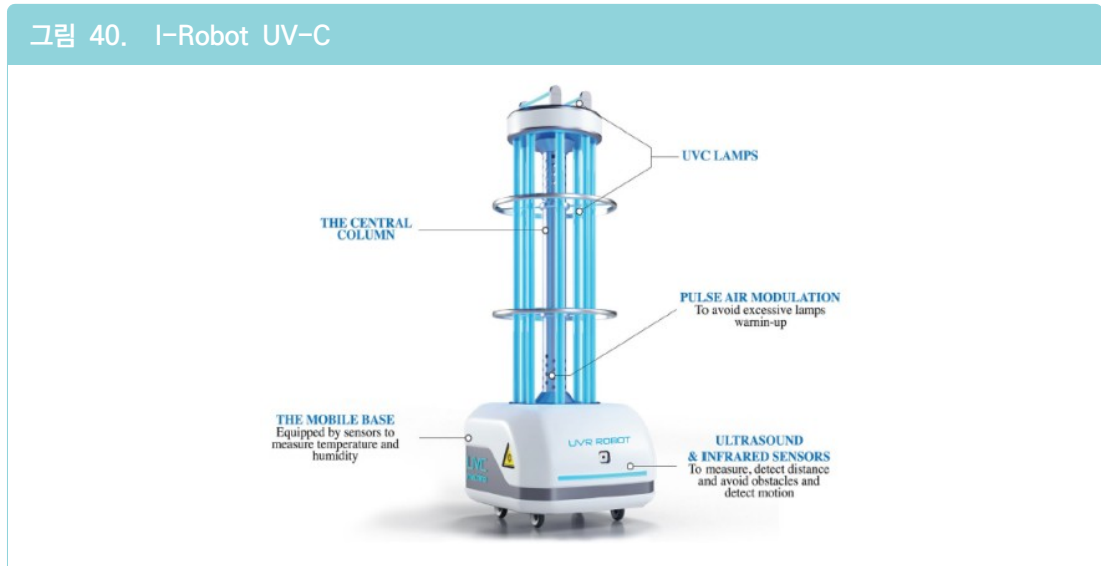
출처 : A. Vyshnavi et. al.(2020)

본 연구를 통해 자외선 로봇(UV Robot)도 사람이 주변에 존재하는 환경에서도 같이 방역 작업을 할 수 있음이 증명되었으므로, 사람과 공존하는 환경에서 효율적으로 방역을 할 수 있는 기술이 추가 될 수 있다는 것을 시사한다.

위 연구처럼 방역 작업 중 사람이 존재하면 작업을 중지하고, 사람이 주변에서 사라지면 다시 작업을 재개하는 인공지능 기술이 탑재된 살균 로봇을 연구한 사례가 있다. 하지만 위 연구처럼 라인 트래킹 모바일 로봇이 아닌 자율주행 모바일 로봇을 활용했다.

튀니지의 Guettari 등(Moez Guettari et. al.)이 개발한 I-Robot UV-C는 LiDAR를 이용하여 맵을 작성하고 이를 기반으로 자율주행을 한다. 하부에는 온·습도를 측정할 수 있는 센서, 장애물 탐지 및 회피를 위한 초음파 센서, 주변 움직이는 물체(사람, 동물 등) 탐지를 위한 적외선(IF, Infrared Ray) 센서가 탑재되어 있다. 상부에는 자외선-C(UV-C) 램프로 구성된 방역 모듈이 탑재되어 있다. 자외선이 닿지 않는 곳을 최소화하기 위해 최상단에 자외선-C(UV-C) 램프를 가로로 추가 부착했다.

또한 전통적인 자외선(UV) 램프보다 효율적인 펄스 자외선(pulsed UV)을 활용했으며, 블루투스 장비나 안드로이드 앱을 이용하여 I-Robot과 통신이 가능하며 수동 조작도 가능하다.



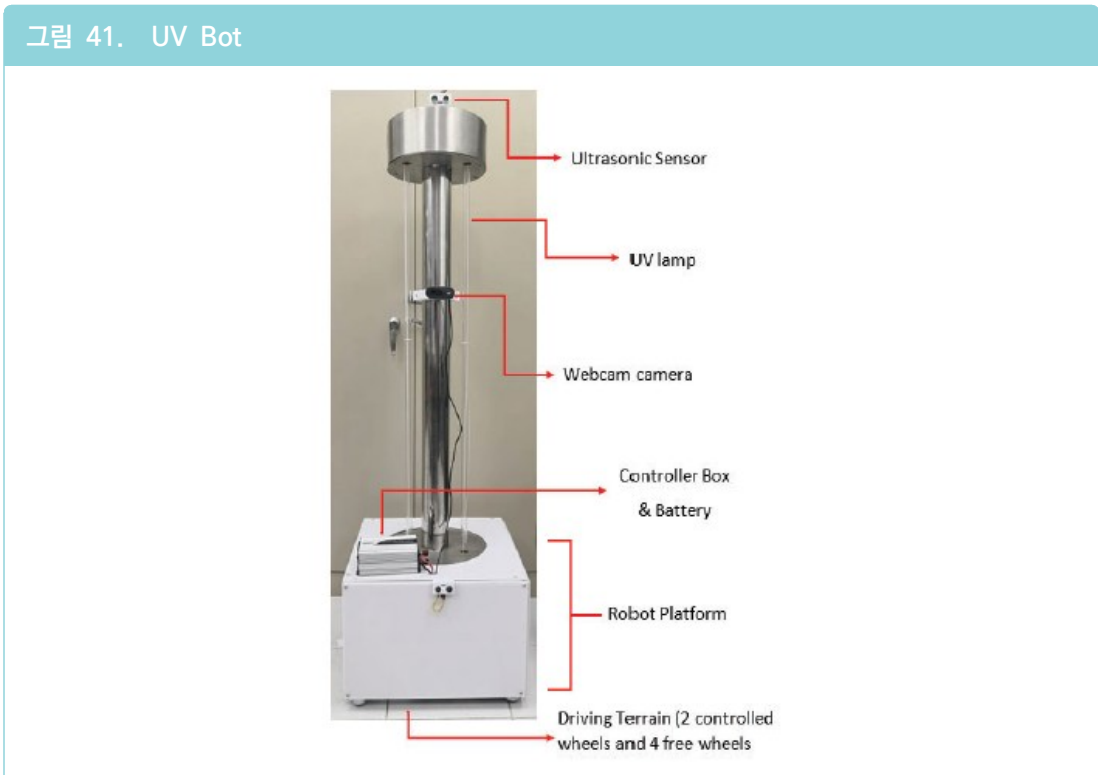
출처 : M. Guettari et. al.(2020)

태국의 Chanprakon 등(P. Chanprakon et. al.)은 자율주행이 아닌 웹사이트에서 사용자가 방역 로봇을 조작하도록 시스템을 구성했다. 사용자는 로봇에 부착된 웹캠을 보며 로봇을 조종하고, 웹캠에서 보이지 않는

영역은 초음파 센서를 통해 장애물을 인지한다.

구동부 위에 3개의 자외선(UV) 램프가 부착되어 있는 형태이며, 최상단에 초음파 센서가 부착되어있고, 자외선(UV) 램프의 중간에 웹캠이 정면을 바라보고 있다. 이 연구에서는 부착된 자외선(UV) 램프의 밝기를 기준으로 조사 시간에 따른 황색포도상구균의 박멸 수를 측정했다. 레퍼런스는 23콜로니이며, 8초일 때 0콜로니가 된 것을 실험으로 확인했다. 현재는 수동조작으로만 가능하며, 자율주행 로봇 기술은 개발 중이라고 한다.

그림 41. UV Bot



출처 : P. Chanprakon et. al.(2019)

III 정부 지원/개발 사업

1. 과학기술정보통신부

2020년 5월, 과학기술정보통신부는 ‘혁신도전 프로젝트 제1차 추진위원회’를 개최하여 코로나-19등에 대응하기 위한 사업관리 방안을 확정하고 올해부터 150억 원의 예산을 들여 ‘공공 안전 로봇’시범 사업을 추진한다고 밝혔다.

혁신도전 프로젝트의 주요 내용은 혁신적인 연구를 위한 플랫폼을 마련하여 각 부처의 효과적인 R&D를 추진하고, 더 나아가서는 국가문제 해결에 적극 참여하는 것이다. 혁신도전 프로젝트는 지금까지 진행해 온 R&D 방식과 다르게 임무 중심의 연구가 이루어지도록 하고, 사업 관리방식도 전폭적으로 개선하여 현실성 있는 연구가 진행되도록 한다는 방침이다.

먼저, 연구목표는 기술의 개량을 통한 순차적 기술개발이 아니라 실패할 가능성이 있어도 성공 시 파급효과가 상당한 공격적 목표를 설정하고, 기술 로드맵을 바탕으로 하는 전형적인 기획에서 벗어나, 실제 수요를 바탕으로 문제정의-임무설정-연구수행-현장적용의 흐름으로 이어지는 방식을 적용한다.

또한 연구와 관리를 이원화하여 개발자는 연구에만 전념하도록 하고, 사업관리는 전문적인 민간 관리자에게 위탁하여 R&D 성과창출을 위한 관리역량을 극대화하며, 기존에 잘 사용하지 않던, 상황별로 유연하게 적용 가능한 연구제도를 적극적으로 도입하고, 정부 R&D 정책에 도입되지 않은 우수한 제도들을 수시로 발굴 및 적용할 방침이다.

이 프로젝트는 새로운 연구방식을 활용하는 만큼 실효성에 대한 사전 검증을 위해 신규사업 기획과는 별도로 시범사업을 실시한다. 시범사업은 지난 2020년 5월부터 시작, 3.5년간 총 150여억 원 규모로 진행되며, 코로나-19 확산에 시급하게 대응하기 위하여 ‘공공 안전을 위한 로봇’을 연구테마로 선정했다.

이번 시범사업으로 ‘팬데믹(Pandemic) 대응 로봇·ICT 융합 방역체계 개발 사업’이 추진되며, 한국과학기술연구원(KIST)에는 방역로봇사업단이 설치됐다. 이 사업에서 ‘다중 이용시설 및 생활공간을 위한 지능형 자율 방역 로봇 시스템 개발’ 과제가 수행되며, 세부 과제의 일환으로 지능형 자율 방역 모바일 로봇 매니플레이션

시스템 개발, 지능형 자율 방역 로봇을 위한 작업설계 및 제어 알고리즘 개발, 방역용 고출력 대면적 UVC-LED 개발이 추진될 예정이다.

해당 과제에서는 관계 부처와 협업을 통해 사업 기간 내 개발된 방역시스템이 적용 가능한 시설에서의 현장 실증을 통해 제품의 완성도를 높일 계획이다.

2. 산업통상자원부

2.1. 산업통상자원부

산업통상자원부 장관은 2020년 6월 물류 이동을 위한 자율주행 로봇 개발기업인 트위니를 방문하여, 최근 코로나-19 확산이 물류센터에 미치는 영향과, 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 제시되고 있는 물류 로봇 업계의 동향을 확인하였다.

산업통상자원부는 코로나-19로 인해 비대면 아이템에 대한 요구가 증가하고 있고 이에 따라 다양한 분야에서 로봇 활용에 대한 관심이 증가하고 있어, 비대면 경제를 활성화하기 위한 방안으로 로봇의 역할이 중요해지고 있다고 평가하며 다양한 분야에서 로봇 활용이 활성화 될 수 있도록, 개발·실증·규제혁파·금융 등의 지원을 아끼지 않겠다고 하였다. 이를 위해 다음과 같은 로봇산업 발전을 위한 정책방향을 제시하였다.

① (대규모 실증사업 추진) 산업통상자원부는 그간 기업수요에 따라 품목별·기업별로 진행해오던 로봇분야 실증사업을 강화하여, 산업단지, 특정업무지역 등 실증거점 기반으로 하는 대규모 실증사업을 통해 로봇활용 확산 기반을 조성하고, 이를 통해 다양한 로봇을 활용한 비즈니스 모델 구현능력을 보유한 전문기업의 육성을 적극 지원

② (현장 최적화 로봇 개발·보급) 현장 문제해결형 로봇 개발·보급을 위하여 수요자 중심의 로봇생태계를 구성할 수 있도록 서비스 분야에서 로봇 기술 개발을 수요자 중심으로 전환하여 로봇 수요자, 공급자, 전문가가 함께 로봇을 활용한 서비스 모델을 도출하고 최적의 로봇을 개발·보급하는 수요자 중심의 실증 보급 사업을 추진하며, 제조로봇 분야에서 현재 추진 중인 108개 로봇공정 표준모델의 개발·보급을 당초 목표보다 조기에 완료

③ (규제혁파 로드맵 수립) 규제로 인해 로봇 활용이 곤란하거나 로봇을 활용한 새로운 서비스가 법적 근거 미비로 인해 제한받는 경우가 있어 본격적인 로봇보급에 어려움이 있으므로, 물류·의료·감시안전·가정서비스·상업 등 각 분야의 로봇 수요·공급 기관을 비롯하여 산·학·연 전문가들이 참여하는 규제 혁파를 위한 협의체를

운영하고, 안전·데이터·개인정보 등 로봇 활용 시 대두되는 근본적인 문제들로부터 시급하게 해결이 요구되는 개별 사안에 이르기까지 폭넓은 논의를 통해 연내 로봇분야 규제혁파 로드맵을 수립

④ (초기투자비용 경감) 로봇 도입에 따른 초기투자비용이 로봇 보급에 어려움을 초래하고 있어 이를 경감할 수 있는 금융프로그램이 필요한 바, 올해 하반기부터 제조로봇을 중심으로 다양한 사용 형태를 고려한 리스·렌탈 사업 모델을 개발하여 시범운영하고, 방역 로봇, 교육로봇 등 수요자가 로봇을 직접 구매·운영하기보다 로봇을 활용한 서비스를 필요로 하는 경우에는 ‘구독’형태의 로봇 활용이 활성화 될 수 있도록 지원

2.2. 한국로봇산업진흥원

한국로봇산업진흥원은 2020년 3월 서울디지털재단, 서울의료원과 로봇활용 지원 관련 업무 협약을 체결했다. 이 협약은 코로나-19 전담 병원으로 지정된 서울의료원에 로봇 3종(살균, 물류, 발열 감지) 6대를 코로나-19 사태 종식 시점까지 무상 대여 한다.

앞서 국내 살균 로봇으로 언급한 유버의 자외선(UV) 살균 로봇 2대를 한국로봇산업진흥원이 직접 도입해 무상 대여하고, 음압병실 살균·소독 등에 활용하며, 트위니의 물류 로봇 2대는 한국로봇산업진흥원이 기증받아 무상대여하고, 의료진·확진자가 사용한 의복과 의료폐기물 등 비접촉이 요구되는 물품들을 특정 장소로 운송하는 데 사용된다. 해당 로봇에는 사람의 인상착의를 인식해 로봇 운용자를 추종하거나, 입력한 동선에 따라 스스로 이동하는 기능이 탑재되어 있다.

휴림로봇은 이스라엘 자울주행 로봇 ‘테미’에 발열 감지 기능 및 소독 기능을 탑재하여 공공기관 및 병원 등에서 활용 가능하도록 로봇 2대를 무상대여 했다. 발열 감지를 위한 열화상카메라를 사람이 바라보면 측정 대상의 열 감지 후, 이상 징후가 발견 시 발열확인을 받으라는 음성안내와 함께 가까운 선별진료소 위치가 화면에 나타난다. 또한 센서에 의해 자동으로 세정액이 분사되는 손 소독 기능도 함께 제공된다.

2020년 3월부터 각 로봇들은 필요 현장에 적용되고 있다. 협약에 의해 세 기관은 감염병 확산을 막기 위한 로봇 기술 및 의료종사자를 위한 스마트 솔루션을 도입하고 공동사업 추진을 위해 데이터 공동 수집 및 분석, 성과에 대한 국내외 홍보 등에 협력할 계획이다. 이와 더불어 협력분야를 추가 발굴하여 확대할 계획이다.

그림 42. 유비의 자외선(UV) 살균 로봇, 음압병실 살균·소독에 활용



출처 : 서울의료원

그림 43. 트위니의 물류 로봇, 환자복 등 물품 운반에 활용



출처 : 서울의료원

그림 44. 휴림로봇의 테미(TEMI), 병원 로비 등에서 발열감지 및 손소독 등 예방 활동에 활용



출처: 서울의료원

IV 시사점

그동안 ‘방역 및 케어 로봇’은 살균 로봇과 병원에서의 검체 이송용 물류 로봇 등 일부 제품만이 개발되어 사용되고 있었으나, 코로나-19 팬데믹(Pandemic)에 따라 앞서 살펴본 바와 같이 다양한 형태의 방역 로봇들에 대해서 빠르게 상용화가 추진되고 있다.

‘무(無)접촉, 24시간 업무, 그리고 빠른 속도’, 사람이 따라갈 수 없는, 로봇만이 가진 이 세 가지 특징이 어느 때보다 절실해진 코로나-19 시국이다.

한 발 앞서 바이러스와의 전쟁을 시작한 중국에서는 이미 각 병원과 지자체의 방역 로봇 활용이 급증하고 있다. 지금까지 ‘더 나은’ 혹은 ‘더 편한’ 세상을 만들기 위해 필요할 것 같던 로봇이 현재 상황에서는 ‘없으면 안 되는’ 존재가 되어가고 있는 것이다.

이 같이 중국의 로봇 기반 방역이 빠르게 가능해진 배경으로 크게 세 가지를 꼽을 수 있다.

첫 번째는 이미 갖춰진 풍부한 로봇 생태계로 아직 고급 기술과 핵심 부품은 부족하지만 다양한 분야에서 여러 기업이 개발해 오던 로봇 시스템과 애플리케이션, 인공지능 응용 기술, 그리고 제조 기반이 풍부하다. 그간 자율주행, 얼굴인식 등 인공지능 기술을 상용화해 오던 여러 기업이 지금껏 축적해 온 힘을 발휘하고 있다. 중국 최대 산업용 로봇 기업 시아순(SIASUN), 유비테크(UBTECH), 클라우드마인즈(Cloudminds), 알리바바(Alibaba) 등 여러 기업이 방역 로봇 공급의 일선에 있는 것이 이를 입증하고 있다.

두 번째는 로봇 적용의 중요성을 인지한 정부의 정책적 지원이다. 중국의 로봇 적용 사례는 대부분 정부 및 지자체와 기업의 협력을 통해 이뤄졌다. 지자체가 자금을 지원하고 주요 방역 관리 기관 및 병원에 직접 투입했다. 전국 지자체와 협력한 알리바바가 좋은 사례다. 각 지역 지자체도 지역에 소재한 로봇 기업과 협력해 빠른 시간 내에 로봇을 개발해내고 있다.

세 번째는 빅데이터 경쟁력이다. 많은 인구 수 관리 데이터베이스(DB) 관리 노하우와 더불어 개인정보를 수집할 수 있는 중국 특유의 정치 환경과도 맞물린다. 로봇이 사람을 인식하면 얼굴인식 후 누구인지, 즉 개인정보까지 확인할 수 있다. 예컨대 중국 클라우드마인즈(CloudMinds)가 여러 병원에 공급한 방역용 의료 로봇은 마스크 쓴 사람이 병원에 들어올 때 누구인지, 이 사람의 체온이 몇 도인지 까지 파악해낼 수 있다.

위에서 살펴본 중국의 상황과 우리나라를 비교해 보자. 이집게도 중국이 가진 위 세 가지 경쟁력이 우리나라에는 부족한 편이다. 코로나-19 상황이 종료된다 하더라도 향후 신종 바이러스에 의한 팬데믹이 오지 않으리라는 보장을 그 누구도 할 수 없다. 지금처럼 인력에만 의존하는 방역 시스템에는 한계가 존재하고 이를 보완하기 위한 수단으로 로봇은 필수적인 존재가 될 것임은 자명하다.

방역 로봇의 상용화 및 확산을 위해 필요한 노력들을 살펴보자.

우선, 4차 산업혁명에 대두되는 다양한 기술들이 반영된 방역 로봇 개발이 필요하다. 연결과 융합이 특징인 4차 산업혁명의 기술들은 서로의 연결이 용이하며, 이에 대한 시너지 효과도 가히 상상을 초월한다. 이러한 기술들 중 방역 로봇에 가장 우선적으로 접목해야 할 것은 인공지능이다. 인공지능은 딥러닝 기술이 본격적으로 개화하면서 급격히 발전하고 이에 따라 로봇의 지능화도 빨라지고 있다.

코로나-19 상황의 방역이 필요한 환경은 정해진 틀이 없다. 환자 증가 추세가 더딜 때는 일상방역 수준의 상태로 유지되지만, 갑작스러운 환자 증가로 임시병동이 생기는 등 방역이 필요한 환경은 수시로 변화한다. 이에 대응하기 위해 방역 로봇은 주변 환경의 변화를 스스로 인지하여 방역을 수행하여야 한다. 우리가 필요한 방역 로봇은 사람을 대신하므로 사람과 비슷한 아니, 더 나은 방역 성능을 발휘해야 한다.

방역 성능뿐만 아니라 안전 성능을 위해서도 인공지능은 필요하다. 현재 로봇을 사용하기 위해서는 다양한 제약 조건들이 존재한다. 최근 부각되고 있는 협동로봇의 사례만 봐도, 로봇 태생이 사람과 공존하며 작업을 수행하기 위해 만들어졌고 이를 위한 안전 관련 기술들이 적용되어 있음에도, 실제 현장에 로봇을 적용하기 위해서는 별도의 안전인증이 필요하다. 스스로 상황을 판단하고 지속적인 학습이 가능한 로봇이라면 이러한 안전 규제로부터 한층 자유로울 수 있을 것이다.

이렇듯 효율적 방역 성능뿐만 아니라 안전 성능을 보장하기 위해 인공지능 기술이 탑재된 방역 로봇 개발을 서둘러야 한다.

다음으로 방역 로봇에 적용하기 위한 다양한 방역 솔루션의 개발이다. 앞서 개발 동향에서 언급된 바와 같이 현재 개발된 대다수의 방역 로봇은 자외선-C(UV-C) 램프 및 소독액에 의한 방역을 수행한다. 자외선-C(UV-C) 램프에 의한 방역은 살균효과가 아주 뛰어나지만, 그만큼 인체에도 유해하다. 따라서 사람이 있는 곳에 자외선-C(UV-C) 램프로 방역은 어렵다. 또한 소독액 역시 아무리 인체에 무해한 성분이라 하여도 사람이 있는 곳에 분사하는 것이 쉬운 일은 아니다. 코로나-19 환자가 증가하여 사회적 거리두기 단계가 상승하면 다중 밀집시설의 사용이 가장 먼저 제약을 받게 된다. 만약 이러한 시설 내부에 사람과 공존하면서 방역이 가능한 로봇이 적용되어 사람 간 바이러스 전파를 막아준다면 지금의 사용상 제약은 사라질 수도 있다. 결국

사람이 있는 곳에서 안전하게 방역을 수행할 수 있는 방역 로봇이 필요한 것이다. 따라서 현재의 방역 기술만이 아닌, 사람에게 무해하지만 뛰어난 방역 성능을 가진 기술이 요구된다.

위에서 언급한 두 가지를 만족하는 방역 로봇이 개발되어 확산되면, 감염병 대응에 한걸 수월할 것이다.

앞서 국내 개발동향에서 살펴본 바와 같이 국내 다수 기업들이 방역 로봇 개발에 참여하고 있으며, 향후 정부지원 등으로 방역 로봇 개발이 더 활성화 될 것으로 보인다. 현재 자율주행 로봇은 물류나 서비스 등 다양한 방면에 상용화가 진행되고 있으며, 이와 더불어 방역 성능이 향상된 다양한 방역기술들도 선보이고 있다. 로봇기술과 방역기술 간 최적의 조합을 위한 다양한 시도가 필요한 상황이다. 이번 코로나-19를 계기로 방역 로봇에 대한 연구 개발 및 상품화를 가속화하여 언제 닥칠지 모를 다음 감염병 사태에 미리 대비하여야 할 것이다.

저자_ 이동배(Dong Bae Lee)

• 학력

한양대학교 전기공학 석사

• 경력

現) 비전세미콘(주) 연구소장
前) 한국항공우주산업 책임연구원
前) 삼성중공업 책임연구원

참고문헌

국내문헌

- 1) 임규채, “감염병과 경제위기로 본 코로나 19의 진단과 경제정책의 방향”, KIET 산업연구원, KIET 산업경제, 2020.10
- 2) 임준혁, 안시은, 김하은, “코로나19 글로벌 확산이 세계 경제에 미치는 영향”, 한국은행, 국제경제리뷰, 2020.04
- 3) 정은주, “지능형 IoT 기반 서비스 로봇 활용 사례와 시사점”, 정보통신산업진흥원(NIPA), 이슈리포트 2020-제5호, 2020.07
- 4) 한국로봇산업진흥원, “감염병 예방과 무접촉(Uncontact)케어를 위한 방역 로봇 동향”, KIRIA ISSUE REPORT, 2020.06

국외문헌

- 5) Chanprakon, P., Sae-oung, T., Treebupachatsakul, T., Hannanta-anan, P. and Piyawattanametha, W., “An Ultra-violet sterilization robot for disinfection.” IEEE International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology(ICEAST), 2019
- 6) Guettari, M., Gharbi, I. & Hamza, S., “UVC disinfection robot” Environmental Science and Pollution Research, 2020.
- 7) Mordor Intelligence, “Global Disinfection Robot Market 2020-2025”
- 8) Muthugala, M.A.V.J., Samarakoon, S.M.B.P., Mohan Rayguru, M., Ramalingam, B. and Elara, M.R., “Wall-Following Behavior for a Disinfection Robot Using Type 1 and Type 2 Fuzzy Logic Systems.” Sensors 2020, 20, 4445.
- 9) Rubæk, T., Cikotic, M. and Falden S., “EVALUATION OF THE UV-DISINFECTION ROBOT”, Blue Ocean Robotics, Whitepaper, 2016.
- 10) Vyshnavi, A., Manasa, A. Naga Sri, Hamsika, Ch. Sesha Sai and Shalini, P., “UV Disinfection Robot with Automatic Switching on Human Detection.” EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, vol.6, Issue 23, 2020.

기타문헌

- 11) 21세기의 전염병들, http://news.khan.co.kr/kh_storytelling/2020/virus/index.html
- 12) 방성수, “에볼라·사스 잡는 살균 로봇 인기”, 조선비즈, 2017
- 13) 조상협, “유버 살균 로봇, 코로나 19 바이러스 살균 효과 확인”, 로봇신문, 2020
- 14) 최난, “(주)인야텍, 살균자율주행로봇 '인야케어 4.0' 출시”, 로봇기술, 2020
- 15) 김상용, “시 기반 로봇 ‘코로봇’…방역 침범 주목”, 동아경제, 2020

- 16) 김하늬, “코로나 방역, 이젠 시기반 유니버설 방역로봇이 한다”, 공학저널, 2020.09
- 17) 유지한, ““사장님 이걸 사야합니다” 소독약·자외선 모두 쓰는 방역로봇”, 조선일보, 2020.11
- 18) 사이언스타임즈, “코로나19 실내방역, 자율주행 로봇에 맡기세요”, 2020.11
- 19) 홍성식, “‘코로나19’ 방역 자율주행 로봇 일본으로 수출”, 오마이뉴스, 2020.05
- 20) 조상협, “자율주행 로봇 업체 도구공간, 퓨처플레이 등 시드 투자 유치”, 로봇신문, 2020.02
- 21) 한국로봇융합연구원, “<http://kiro.re.kr/default.asp>”
- 22) 김혜영, “디지털옵틱 계열사 ‘퓨처로봇’, 코로나19 AI방역로봇상용화 착수 …LG유플러스·넷온 3사 공동개발”, 서울경제, 2020.09
- 23) 박현진, “퓨처로봇, 보안·방역·안내… 더 똑똑해진 새로운 AI 기반서비스로봇 선보인다”, 인공지능신문, 2020.10
- 24) 퓨처로봇, “<http://www.futurerobot.com/default/>”
- 25) LG전자, “‘LG 클로이 살균봇’, 언제 어디서나 공간에 맞춰 방역”, LG전자 미디어 플랫폼 LIVE LG, 2020.12
- 26) 최선영, “비밀 차단 테이블·소독 로봇…똑똑한 무인 카페”, 대한민국 정책브리핑, 2020.11
- 27) 박현진, “덴마크 UVD 로봇, 바이러스와 박테리아 제거하는 3세대 자율 이동 로봇 공개”, 인공지능신문, 2020.09
- 28) UVD Robots, “<https://www.uvd-robots.com/>”
- 29) Intel, “Autonomous Virus-Killing Robots Show Promise in the Fight Against COVID-19”
- 30) 조상협, “아카라 로보틱스, 살균 로봇 ‘바이올렛(Violet)’ 개발”, 로봇신문사, 2020.03
- 31) Erika Yoo, “中 중신중공, ‘방역 특수 분무’ 로봇 개발”, 로봇신문사, 2020.02
- 32) Erika Yoo, “‘탱크가 발포하듯’ 소독 로봇…‘코로나19’ 전투 투입”, 로봇신문사, 2020.03
- 33) “MTR, 자율 소독 로봇 투입”, 대한뉴스, 2020.03
- 34) 장길수, “루마니아 로봇업체 ‘모듈랩’, UV-C 멸균 로봇 개발”, 로봇신문사, 2020.03
- 35) Erika Yoo, “中 가우시안로보틱스, 코로나19 방역 로봇 주문 3배 증가”, 2020.05
- 36) 장길수, “이글호크, 스포츠 경기장 방역 드론 개발”, 로봇신문사, 2020.05
- 37) 조상협, “디지털 에어루스, 자외선 소독용 드론 ‘아에르투스 120-UVC’ 공개”, 로봇신문사, 2020.04
- 38) 이성원, “아마존, 홀푸드 매장에 자외선 살균 로봇 준비중”, 로봇신문사, 2020.05
- 39) 장길수, “싱가포르 ‘세스토 로보틱스’, 모바일 살균 로봇 공급”, 로봇신문사, 2020.05
- 40) “로봇업계 간담회 및 소부장 기술개발 현장방문”, 산업통상자원부, 2019.12
- 41) 이재원, “서울의료원, 로봇 도입해 코로나19 진료 지원”, 의학신문, 2020.03
- 42) 최난, “한국로봇산업진흥원, 코로나19 대응 위해 서울의료원에 살균 로봇 등 지원”, 산업뉴스, 2020.03
- 43) 유효정, “‘로봇’ 中 코로나19 사태 속 전사가 되다”, 로봇신문사, 2020.03
- 44) 장길수, “대형 재난과 로봇 커뮤니티의 역할”, 로봇신문사, 2020.04
- 45) Patient CareLink,
“<https://patientcarelink.org/improving-patient-care/healthcare-acquired-infections-hais/>”
- 46) Melinda Hart, “Xenex Introduces the Next Generation of Coronavirus-Killing Robots”, businesswire, 2020.12



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2021 January vol.7 no.1