

신(新)유형의 싱크홀 탐지기기 디자인을 위한 제품디자인 조건 설정 연구

A Research on the product design conditions for the design of
new type sinkhole detection device

주 저 자 : 윤태준 (Yoon, Tae Jun) 국민대학교 디자인대학원 제품디자인전공 석사과정

교 신 저 자 : 남원석 (Nam, Won Suk) 국민대학교 공업디자인학과 교수
name@kookmin.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kids.2023.3.295>

접수일 2023. 8. 16. / 심사완료일 2023. 9. 12. / 게재확정일 2023. 9. 18. / 게재일 2023. 9. 30.

Abstract

This study explained that a new type of sinkhole detection device using design direction and each unique technology can secure higher efficiency and accuracy than existing equipment through major technologies and case studies of ground drones that can simplify sinkhole exploration to increase efficiency and increase efficiency and accuracy. In addition interviews with experts in the GPR system were conducted to organize the data identified in the previous case analysis and to understand the factual basis for verifying product design conditions. Product design conditions were set in three ways product usability technology safety supplemented by verifying supplementing product design conditions through expert findings and previous studies. Based on the product design conditions presented through this study we would like to conduct a follow-up study on ground-type drone design to simplify sinkhole detection in the future.

Keyword

Sinkhole(싱크홀), Ground type drone(드론), Product design condition(제품디자인 조건)

요약

본 연구는 싱크홀 탐사를 간편화하여 효율성과 정확성을 높일 수 있는 지상형 드론의 제품디자인 조건 설정을 목표로 지상형 드론의 주요 기술 및 사례 조사를 통해 디자인 방향성과 각 고유의 기술을 활용한 신유형의 싱크홀 탐지기가 기존 장비보다 높은 효율성과 정확성을 확보할 수 있음을 설명하였다. 그리고 앞선 사례분석에서 확인된 자료를 정리하고 제품디자인 조건 검증을 위한 사실적 근거를 파악하기 위해 GPR 시스템의 전문가와 면담을 진행하였다. 제품디자인 조건은 제품 사용성 측면, 기술적 측면, 안전성 측면, 3가지로 설정하였으며, 전문가소견 내용과 선행연구를 통해 제품디자인 조건을 검증 및 보완을 진행하여 보완된 제품디자인 조건을 제시하였다. 이번 연구를 통해 제시된 제품디자인 조건을 바탕으로 향후 싱크홀 탐지작업 간편화를 위한 지상형 드론 디자인에 관한 후속 연구를 진행하고자 한다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경 및 목적
- 1-2. 연구 목적 및 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. 싱크홀의 개념과 발생 원인
- 2-2. 국 내외 싱크홀의 유형 및 사례

3. 지상형 드론의 주요 기술 및 사례 조사

- 3-1. GPR (Ground Penetrating Radar)
- 3-2. 자율주행 시스템과 드론

4. 제품디자인 조건

- 4-1. 기술요소 검토 및 정리
- 4-2. 전문가소견
- 4-3. 제품디자인 조건 설정
- 4-4. 제품디자인 조건 검증 및 보완

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

싱크홀은 별다른 전조 없이 예상하지 못하는 장소에서 사고가 발생하기 때문에 큰 피해를 일으킨다. 국내 싱크홀은 2020년 10월 한국시설안전공단 자료에 따르면 2021년과 비교하여 싱크홀 발생건수는 15% 증가했으며, 국토부의 최근 5년간(2015년~2020년) 연도별 지반침하(싱크홀) 발생 현황을 확인하면 2020년에 221건, 2019년 192건, 2018년 339건, 2017년 279건, 2016년 255건, 2015년 186건으로 나타났다.¹⁾

우리나라 지질 특성상 싱크홀과는 연관이 없었다. 하지만 연도별로 계속 증가하는 싱크홀 사고를 국내 뉴스를 통해 인지하게 되었고 주민들의 인식은 바뀌게 됐다. 경기연구원 연구보고서에 따르면 2014년 수도권 성인 1000명을 대상으로 싱크홀 발생에 대해 인식조사를 하였다. 주민들은 보도된 싱크홀 관련 기사를 접하면서 얼마나 불안감을 느끼는지에 대해 조사한 결과, 53.5%가 매우 불안하다, 41.7%는 불안하다고 응답하였고, 총 수도권 주민 95%가 불안감을 느꼈다.²⁾

수도권 시민들의 불안감과 예상치 못한 재난을 예방하기 위해 정부에서는 차량형 지표투과 레이더와 GPR 카트를 이용하였다. 하지만 싱크홀 사고가 증가함에 따라 싱크홀 예방에 필요한 조사 장비와 인력이 부족한 상황이다. 이에 본 연구는 싱크홀 사고 예방의 발전을 위해 드론과 자율주행 시스템의 기술적 요인을 참고하여 싱크홀 탐지의 복잡성을 간편화하고 싱크홀에 대한 정보 수집에 효율성과 정확성을 높일 수 있는 제품을 디자인하여 제안하는 것을 목적으로 하고자 한다.

1-2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 싱크홀 탐지작업의 간편화를 위해 드론과 자율주행 시스템의 기술적 요인을 참고하여 싱크홀 탐지작업의 효율을 높일 수 있도록 하는 것을 목표를 두며, 본 연구에서는 싱크홀 탐지기 지상

형 드론의 제품디자인 조건 설정에 초점을 맞추었다. 따라서 현행 GPR 기기의 사례를 알아보고 특징과 한계점을 파악하여 지상형 드론의 디자인 방향성을 정립하고자 한다. 이후 지상형 드론의 주요 기술인 자율주행 시스템과 드론을 사례분석하고 선행연구와 전문가소견을 바탕으로 제품디자인 조건의 검증과정을 하고자 한다.

첫째, 싱크홀에 대한 세부사항을 분석하고 국내외 싱크홀의 유형 및 사례를 조사하여 예상하지 못하는 상황에서 발생하는 위험을 알리고 사전 예방의 중요성을 강조하고자 한다.

둘째, 싱크홀 탐지기의 주요 기술을 세부적으로 조사하고, GPR 제품, 드론, 자율주행 시스템 사례를 통해 새로운 형태의 싱크홀 탐지기는 자율적으로 탐지하며 기존 장비보다 더 낮은 효율성과 정확성을 확보할 수 있음을 강조하고자 한다.

셋째, 앞선 사례분석에서 확인된 정보를 정리하여 제품디자인 조건 설정에 필요한 기술요소를 검토하고, 싱크홀 탐지기의 사용방식과 구동 원리를 전문가와 면담을 통해 확인한다. 제품디자인 조건은 3가지의 측면(사용성, 기술적, 안전성)으로 분류하여 설정하였고, 전문가소견 내용과 선행연구를 통해 제품디자인 조건 검증 및 보완을 하고자 한다.

마지막으로 본 연구의 결론을 서술한 후, 싱크홀 탐지작업의 간편화를 위한 지상형 드론 디자인에 관한 향후 연구과제를 진행하고자 한다.

2. 이론적 배경

2-1. 싱크홀의 개념과 발생 원인

2-1.1 싱크홀의 개념



[그림 1] 싱크홀의 발생 개념도³⁾

1) 케미컬 뉴스 웹사이트. (2023.08.13.). URL: <http://www.chemicalnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=4241>

2) (이기영, 강상준), “도시를 삼키는 싱크홀, 원인과 대책”, 경기연구원 연구보고서, 2014.08, 제156호 pp. 09-11

3) 박인준, “방재 정보-싱크홀 현황과 그 대책”, 방재

그림1에 따르면 싱크홀의 발생 개념은 2가지가 있다. 첫 번째는 비가 모래, 점토, 식물을 지나 약간 산성화된 물이 토양으로 가게 되고 가정에서는 우물을 통해 물을 펴내는 과정에서 석회암으로 이루어져 있는 대수층의 수압이 낮아져 싱크홀이 발생하고, 두 번째는 연못에서 고인 물로부터의 압력과 대수층으로부터의 경수압이 공사로 인해 석회암으로 이루어져 있던 대수층의 흐름이 변화하여 싱크홀이 발생한다.

2-1.2 싱크홀의 발생 원인

싱크홀의 발생 원인은 크게 두 가지가 있다. 자연적인 발생과 인위적인 발생으로 구분된다. 싱크홀의 자연적인 발생 원인은 주로 용해가 잘 되는 석회암 지역에서 발생하며, 지표 붕괴형 싱크홀, 지표 침하형 싱크홀, 지표 용해형 싱크홀로 분류된다. 특징은 아래 [표 1]과 같다.

[표 1] 자연 발생 싱크홀과 특징

싱크홀	특징
지표 붕괴형 싱크홀	붕괴형은 점진적으로 얇아진 표층이 순간적으로 함몰되면서 대규모 싱크홀이 발생함
지표 침하형 싱크홀	침하형은 모래 성분이 많은 흙(사질 토)에서 작은 규모로 조금씩 가라앉아 발생함
지표 용해형 싱크홀	용해형은 지표수의 변화에 따라 지표층이 용해하여 발생함

국내에서 발생하는 도심지의 싱크홀은 석회암 지역에서 발생하는 싱크홀과는 발생 구조와 원인이 다르며 특징점은 아래 [표 2]와 같다

[표 2] 도심지 싱크홀과 특징

싱크홀	특징
땅속 매설물 훼손에 의한 싱크홀	Life line(상·하수관, 전기 통신 관로 등)의 노후화 또는 충격에 의한 파손으로 흙이 유실되어 발생함
지하구조물 건설 중 관리 부실에 의한 싱크홀	터널 등 지하구조물 건설 시 굴진면 관리 부실로 인해 지하수가 유입되며 공동이 점차 확대하여 싱크홀이 발생함
지하수 변화에 의한 싱크홀	지하수 과다사용으로 인해 공동이 생성되어 싱크홀이 발생하며, 여러 공사나 지역 간 수두 차 발생으로 지하수 흐름이 변화하여 발생하기도 함

저널, 2015.05, 제17권 제2호 64p

국내 도심지 싱크홀은 해외의 자연적인 요인으로 발생하는 싱크홀과 원인인 발생 구조가 다르기에 땅 꺼짐, 지반 함몰, 지반 침몰 등으로 지칭하는 것이 타당하다는 의견이 있고, 선행연구에서 전문가의 연구를 조사하면 지반 함몰 등의 용어로 사용하는 내 용도 있다. 하지만 싱크홀이란 용어는 이미 사회적으로 그 발생 원인과 상관없이 땅(도로 또는 지반)이 꺼지는 현상을 지칭하는 것으로 통용되고 있기에 본 연구에서는 도심지 지반침하, 지반 함몰을 싱크홀로 정의하였다.

2-2. 국 내외 싱크홀의 유형 및 사례 조사

국외 싱크홀 사고는 과테말라 싱크홀, 일본 하카타역 앞 도로 함몰 사고를 살펴보았다.

과테말라 싱크홀은 2010년 5월 과테말라 도시 공장 지대 일부가 땅 밑으로 꺼지면서 지름 20m, 깊이 30m의 싱크홀 생겼다. 이 사고는 과테말라의 지질 특성과 더불어 태풍이 가져온 홍수, 하수관 부실 관리가 원인이다.

하카타역 앞 도로 함몰 사고는 2016년 11월에 후쿠오카현 후쿠오카시 하카타 구 하카타역 앞 교차로에서 일어난 길이 30m, 폭 27m, 깊이 15m의 큰 함몰 사고이며, 이 사고의 원인은 지하철 공사 과정 상 굴착 공사 도중 부주의에 의한 것으로 잠정 결론 지었다.

국내의 싱크홀 사고는 광주광역시 남구 노대동 싱크홀 사고, 강원도 양양군 낙산해수욕장 싱크홀 사고를 살펴보았다.

2022년 4월 광주광역시 남구 노대동에서 일어난 싱크홀 사고는 지름 1m, 깊이 2m의 구멍이다. 이 싱크홀의 원인은 2021년 11월부터 8개월 동안 진행 되는 상수도관 연결 공사 도중 강한 압력으로 흙이 생기고 땅이 꺼졌다.

2022년 8월 강원도 양양군 낙산해수욕장 인근 편의점에서 싱크홀 사고가 발생했다. 이 싱크홀은 가로 12m, 세로 8m, 깊이 3m가량의 구멍이다. 이 사고의 원인은 사고 지점 옆 생활형 숙박 시설 건설 현장의 공사가 원인으로 추정되고 있다.

앞서 살펴본 싱크홀 사례를 통해 국 내외 싱크홀 발생 원인의 공통점과 차이점을 확인하였다. 북아메리카와 같은 서구와 아시아는 지질 특성이 달라 싱크홀의 발생 원인 달랐으며, 아시아권 나라 도심지

에서는 공사로 인한 충격으로 싱크홀이 발생하는 공통점을 보여줬다. 본 연구에서는 공사가 지정된 곳이나 재개발이 필요한 오래된 건물 현장 주변을 탐지하여 예측할 수 없는 싱크홀 사고에 사전 예방하는 것을 중점으로 연구를 진행하고자 한다.

3. 지상형 드론의 주요 기술 및 사례 조사

3-1. GPR(ground penetrating radar)

3-1.1 GPR의 개요 및 원리

지표투과 레이더(ground penetrating radar)는 전자기파를 땅속에 방출한 후 되돌아온 반사파의 특성을 이용하여 시설물 또는 지반의 내부구조를 이미지화하는 기술로써 주로 지질조사, 땅속 유적지 발굴, 빙하조사, 시설물 점검 등에 활용되고 있다.

GPR 원리는 GPR 장비의 전자기파를 지표면이나 구조물의 표면으로 입사시킨 후, 연속적으로 매질 경계면에서 반사되어 되돌아오는 파를 수신하게 된다. 전자기파의 전파속도, 파장은 전자기파가 통과하는 각 매질의 특성(유전 상수, dielectric constant)에 따라 달라지고, 반사특성은 두 매질 간 유전 상수 차에 의존한다. 그러므로 매질의 특성(유전 상수)과 전자기파가 매질을 통과한 시간을 알 수 있다면 매질 층의 두께 및 위치를 파악할 수 있고, 두 매질 간 경계면, 내부 균열, 공동의 존재 여부 및 심도, 위치, 규모 등을 밝혀낼 수 있다.⁴⁾ GPR은 지층 구조 연구 및 탐사뿐만 아니라 다양한 분야에서 사용되는 기술이다.

3-1.2 현행 GPR 제품 사례 조사

현행 GPR 제품은 철근탐사 제품, 지하매설물 제품, 지뢰탐사 로봇을 살펴보았으며, 각각의 특징과 한계점은 [표 3, 4, 5]와 같다.

4) 홍상희, GPR(ground penetrating radar)의 활용, 2월 기술 논고, 2007.02, 7p

[표 3] StructureScan Mini XT 디자인 특징 및 한계점

디자인 특징	GPR 기술력을 가진 제품 중에서 작은 크기를 가지고 있음
	철근, 도관, 포스트 텐션 케이블, 공극, 콘크리트 두께의 실시간 탐사를 위해 휴대성이 편리한 디자인을 하고 있음 손에 닿지 않는 위치를 탐색할 수 있게 해주는 긴 봉 손잡이가 있으며, 사용자의 편의성을 향상함
디자인 한계점	제품에 바퀴를 배치하여 조사에 효율성을 높임
	손잡이의 위치가 고정되어있어 사용자가 제품 사용 시 수동적인 자세를 유지
	제품의 바퀴에 정지 기능이 없어 제품 사용 시 불편함을 확인 긴 봉 사용 시 화면의 크기가 작아 실시간 정보 피드백이 어려움

[표 4] New UtilityScan 디자인 특징 및 한계점

디자인 특징	제품의 무게(약 20kg)가 어느 정도 있음에도 제품 사용 시 인체공학적 자세가 유지되어 이동에 편의성을 제공함
	제품 사용 시 화면을 통해 탐색 정보의 실시간 피드백이 가능함 환경변수(비, 눈 등)와 같은 날씨 제약이 없는 형태를 가짐
	접이식 손잡이를 사용하여 제품 공간활용도를 높임
디자인 한계점	제품 이동 및 보관 단계에서 약 20kg 정도 무게의 제품을 들고 이동하는 문제가 있음
	매질의 유전 상수에 따르면 토질 상태에 따라 GPR 정보의 오차가 존재함. 정확한 정보를 제공해야 하는 GPR 제품이 날씨 제약이 없는 디자인의 필요성 유무에 대한 사실적 근거가 필요함
	사용자가 제품을 직접 움직이는 것에 불편함이 생길 수 있음

[표 5] 지뢰탐사 로봇 디자인 특징 및 한계점

디자인 특징	사람이 직접 실행하는 지뢰탐사의 위험성을 예방함
	주, 야간 탐사가 가능하며, 지형문제를 극복할 수 있는 디자인 형태를 가짐
	사전 학습을 통한 딥 러닝이 가능해졌으며, 지속적 학습을 통해 자율적 탐사가 가능함
디자인 한계점	지뢰탐사만이 아닌 통로개척 및 확장 등 다목적 기능이 가능함
	다목적 기능으로 인해 무거운 제품 및 큰 크기의 형태
	제품 크기에 따른 공간 배치 및 이동 문제가 있음 다목적 기능 사용을 위한 고도의 전문 지식 필요함

현행 GPR 제품의 사례 조사를 통해 각각의 현행 제품이 사용 목적에 맞는 디자인 특징을 보여줬다. 또한, 같은 GPR 시스템을 가진 제품이라도 사용 목적이 다르기에 디자인 한계점에는 다양한 차이점이 존재했다. 본 연구에서는 공사가 지정된 곳 및 재개발이 필요한 오래된 건물 현장 주변의 싱크홀 탐지라는 사용 목적을 중점으로 디자인 방향성을 정립하고자 한다.

3-2. 자율주행 시스템과 드론

3-2.1 자율주행의 개요

“자율주행시스템”이란 운전자 또는 승객의 조작 없이 주변 상황과 도로 정보 등을 스스로 인지하고 판단하여 자동차를 운행할 수 있게 하는 자동화 장비, 소프트웨어 및 이와 관련한 일체의 장치를 뜻한다.

“자율주행 자동차”란 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차를 말하며, 자율주행을 위해 자동차에 IT 센서 등 첨단 기술을 융합하여 스스로 주변 환경을 인식, 위험을 판단하고 주행 경로를 계획하여 운전자 또는 승객의 조작 없이 안전한 운행이 가능한 자동차를 자율주행 자동차라고 한다.⁵⁾

3-2.2 현행 자율주행 시스템 사례 조사

2022년 9월 15일 강남 코엑스에서 우편물 접수 및 배달하는 과정에 필요한 자율주행 무인 우체국 차량이 전시됐다. 이 차량은 한국우편사업진흥원 연구원에 따르면 고객이 애플리케이션을 통해 요청하는 장소로 자율주행차량이 이동하는 on-demand 방식과 정해진 시간에 자율주행차가 지정된 정류장에 도착하는 on-schedule 방식으로 나뉜다고 한다.



[그림 2] 자율주행 활용 영역 확장, 우편물 접수 및 배달까지⁶⁾

이처럼 자율주행 무인 우체국 차량은 우편 서비스의 접근성이 낮은 신도시와 인구가 줄어들고 있는 지역이 늘고 코로나 19로 인한 비대면 서비스가 사회적 이슈가 대두됨에 따라 국민의 요구에 맞춰 변화한 우편 서비스이다.

또한, 구글 기업의 웨이모 택시와 같이 교통 서비스를 담당하는 자율주행 시스템 사례로는 오토노머스에이투지 스타트업 기업에서 시행하는 자율주행 버스가 있다.



[그림 3] 오토노머스에이투지 자율주행 버스⁷⁾

오토노머스에이투지 한치영 대표에 따르면 이 버스는 운전자가 아닌 기계 시스템이 차량을 통제하는 3단계 수준의 자율주행 시스템이며, 오토노머스에이투지의 자율주행 시스템은 해외의 웨이모 택시보다 낮은 자동차와 AI 기술력을 가졌음에도 인프라, IT, 통신기술을 더욱 발전시켜 구글의 자율주행 시스템과 비슷한 정도의 기술력을 견비하고 있다고 한다. 이처럼 자율주행 시스템의 사례를 통해 자율주행 시스템을 활용한 서비스가 계속 발전하고 있음을 확인

5) 찾기 쉬운 생활법령 정보[웹사이트]. (2023. 08. 14). URL:

<https://www.easylaw.go.kr/CSP/CnpClsMain.laf?csmSeq=1593&ccfNo=1&ccciNo=1&cnpClsNo=1>

6) 산업일보[웹사이트]. (2023. 08. 14). URL: <http://www.kidd.co.kr/news/229228>

7) 서울파이낸스[웹사이트]. (2023. 08. 14). URL: <https://www.seoulfn.com/news/articleView.html?idxno=446797>

했다. 자율주행 시스템이 특수한 사회현상으로 새로운 환경에서 사용될 수 있고 자동차나 시의 기술력만으로 사용되는 것이 아닌 다양한 기술력이 융복합되어 사용되는 기술력임을 알 수 있었다. 자율주행 시스템의 기술을 차에만 국한되지 않고 앞서 살펴본 사례와 같이 인프라, IT, 통신기술의 연동이 제품의 영역까지 넓혀 발전될 수 있을 거로 전망하고 있다. 본 연구에서는 자율주행 시스템을 활용하여 사람이 싱크홀 탐지하는 영역에서 불편한 사항을 제거하고 제품 스스로 싱크홀 탐지를 진행하는 것을 목표로 하며 자율주행 시스템 기술에 도움을 주는 인프라, IT, 통신기술의 연동이 싱크홀 탐사의 효율성과 정확성을 높일 수 있을 것이라 기대된다.

3-2.3 드론의 개요

앞선 내용과 같이 자율주행 시스템은 자동차와 연관이 많다. 자율주행 시스템이 자동차 외의 제품에 사용되는 제품을 로봇이라고 한다. 로봇은 제작 목적에 따라 2가지로 분류된다. 첫 번째는 공장의 생산 설비를 담당하는 산업 로봇이며, 두 번째는 인간의 삶의 질을 높여주는 서비스 로봇이다. 서비스 로봇은 소셜네트워크, 사회, 헬스, 엔터테인먼트, 경제 등에서 주목받고 있다. 다양한 분야에서 사용되는 이 로봇은 자율이동 로봇이라고 불리며, 무인 이동 로봇이나 무인기로도 불린다.

무인기(無人機)는 드론이라고 불리며, 한자를 풀어서 보면 사람이 없는 기계이다. 사람이 타지 않고 원격조종 혹은 자동으로 운용할 수 있는 항공기 일체를 지칭하기도 한다. 군사적 용도가 아닌 촬영이나 놀이의 형태로 쓰이는 멀티콥터도 무인기의 일종이다. 대부분 드론이라 칭하면 멀티콥터로 이해하지만, 드론은 무인기 전체를 칭하는 용어이다.

3-2.4 드론의 유형

2010년 중반부터 드론의 형태는 다양하게 발전되고 있다. 드론은 기본적으로 프로펠러(이동 수단), 프레임(몸체), 배터리(전지), 컨트롤러, 센서로 이루어져 있으며 육해공 각각의 체계 분류 및 특징은 아래 [표 6]과 같다.

[표 6] 드론의 체계 분류 및 특징

구분	체계	특징
 무인 항공기	조종사가 직접 탑승하지 않고 데이터 링크를 통해 원격 조종되는 모든 항공기	드론의 분야 중 가장 많은 형태와 기능, 운용 방식 및 목적이 있으며, 항공기, 표적기, 정찰기, 기타 민수용 등 다양한 분야에 활용됨
 무인 지상 차량	운전자가 직접 탑승하지 않고 데이터 링크를 통해 원격 운용되는 모든 차량	중속 주행, 원격 주행, 경로 자율주행을 활용한 고객의 요구 사항이나 운용 환경에 맞게 다목적 기능을 제공함
 무인 함정 / 잠수정	항해사가 직접 탑승하지 않고 데이터 링크를 통해 원격 운용되는 모든 함정 또는 잠수정	자율주행, 장애물 회피, 군집 제어 기술을 활용한 유인체계와 무인 체계 간 협동 작전 기술이 가능함

4차 산업혁명으로 기술이 다양한 방면으로 발전함에 따라 드론은 군사적인 활용만이 아닌 상업적인 목적으로 사용되기 시작했다. 상업용 드론은 산업용과 일반 소비자용으로 나누게 됐다. 산업용 드론의 활용 방식은 농업에 약을 뿌릴 때 드론을 사용하고, 지도 제작을 위해 드론을 사용하여 측정, 보안과 재난 구조 등, 다양한 방면으로 활용되고 있으며, 일반 소비자용은 스포츠, 엔터테인먼트 등 촬영이나 경주용으로 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 무인기라는 개념을 이해하여 드론이라는 용어가 하늘에 띄워 작업을 하는 것만이 아닌 지상에서 자신의 쓰임에 맞게 사용되는 드론을 ‘지상형 드론’이라 정의한 후 군사적인 목적으로 많이 활용되는 지상형 드론을 사람들에게 다양한 방면으로 도움을 주는 산업용에 맞춰 디자인적 개선을 하여 싱크홀 탐사가 필요한 장소에서 탐지를 진행할 수 있도록 하는 제품을 제안하는 것에 목표를 두고자 한다.

3-2.5 현행 드론 사례 조사

현행 드론의 사례 조사는 앞선 내용에서 정의한

‘지상형 드론’과 유사한 형태 및 요소를 갖춘 제품을 분석하고자 한다.

첫 번째 사례는 2019년까지 소비자에게 구매 선호도나 낮은 가전제품이었지만 코로나 19 상황 이후부터 시장이 점차 성장하고 지속해서 고도의 기술력과 시를 더해 발전하면서 고기능 가전제품으로 소비자에게 주목받게 되었다.

[표 기] 2022년 국내 로봇 청소기 시장 조사(gfk)⁸⁾

2022년 국내 로봇 청소기 시장 규모 및 성장률	
2021년	2022년
2100억 원	2900억 원
2022년 국내 로봇 청소기 판매량 증가 및 감소율 (제품 가격 100만 원 기준)	
100만 원 미만 제품	100만 원 이상 제품
-3	141%
2022년 국내 로봇 청소기의 청소기 시장 내 판매 비중 변화	
2019년	2022년
로봇 청소기 9%	로봇 청소기 22%
핸디 스틱 청소기 78%	핸디 스틱 청소기 68%
기타 13%	기타 10%

글로벌 마켓 인텔리전스 기업 Gfk의 자료에 따르면 로봇 청소기는 2019년까지 청소기 시장 내에서 매출 9%의 비중을 가지고 있었고, 청소기 시장의 주류 판매 제품인 핸디 스틱 청소기는 78%로 차이가 심한 소비자 선호도를 보였다. 하지만 2022년부터 로봇 청소기는 기존 청소기 제품이 제공하지 못했던 자동 기능들로 소비자의 높은 호응을 얻으며 시장에서 빠르게 확대되었다. 시장 확대의 특징적 부분은 기존 핸디 스틱 청소기와는 차별점으로 로봇 청소기 하이엔드 제품은 자동 걸레 세척과 건조 기능 등 편의성을 더 높이고, 센서 업그레이드를 통해 효율적으로 공간을 청소해주는 고기능을 꼽았다.

[표 기]와 같은 로봇 청소기 시장 변화는 2021년부터 발생한 코로나 19에 큰 영향이 있다. 코로나 19의 영향으로 외출이 줄면서 가정에 머무는 시간이 길어질수록 사람들은 자신의 머무는 공간에 집중하게 됐고, 그만큼 늘어난 가사 노동의 부담을 덜어주는 가전에 대한 수요도 큰 폭으로 늘어났다. Gfk 김도훈 연구원에 따르면 로봇 청소기가 사물 인터넷 기술 및 AI 기술과 융합해 소비자들에게 편리성을

제공하는 지표가 지속해서 증가하고 있으며, 2023년에도 로봇 청소기의 기술은 더욱 발전될 것으로 전망하고 있다고 한다.

다음 사례는 로봇배달 서비스의 배민 로봇 ‘딜리’이다. 배달의 민족은 우아한형제들에서 운영하는 대한민국 배달 주문 서비스 브랜드이다. 배달 앱의 사용시간은 농식품 시스템연구부의 자료에 따르면 2019년 1월 9,903시간에서 2020년 1월 15,549시간으로 약 57% 증가하였고, 2021년 10월의 배달 앱 사용시간은 33,710시간으로 2020년 1월 대비 약 116% 급증하여 배달 앱 사용시간 증가세가 가속화되고 있다고 한다.⁹⁾ 코로나 19 이후로 배달 앱의 주요 플랫폼인 배달의 민족은 지속해서 증가하는 배달 수요를 안정적으로 처리하기 위해 배민 로봇 ‘딜리’ 개발하며 시험 운행하고 있다.



[그림 4] 배민 로봇 ‘딜리’¹⁰⁾

코로나 19로 인해 배달 음식만이 아닌 일상품까지 배달하게 되었고 라이더의 한정적인 인원 문제가 발생했다. 공급보다 수요가 높아진 상황에서 배민 로봇 ‘딜리’는 라이더의 배달 시간을 줄여주고 가까운 위치의 배달을 맡아 도움을 주고 있다. 배민 로봇 ‘딜리’는 관계 시스템에서 통제하며 사물 인터넷과 앱의 연동으로 아파트의 문을 열고 엘리베이터에 탑승하여 배달을 진행한다.

실외 이동 로봇은 법적인 규제로 본격적으로 사업화하기 어려웠다. 하지만 산업통상자원부에 따르면 실외 이동 로봇의 국내 사업화를 촉진하기 위한 지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 개정안이 23년 4월 27일 국회 본회의를 통과했다고 한다. 이번 지능

8) 뉴스와이어[웹사이트]. (2023. 08. 15). URL: <https://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=963436>

9) (김상효, 심환희), 코로나 19 발생 전후 배달 및 온라인 소매유통 애플리케이션 사용시간 변화분석, 농식품 시스템연구부, 2021 제5호 p2

10) 배민다움-기술과 서비스웹사이트]. (2023. 08. 15). URL: <https://story.baemin.com/1686/>

형로봇법 개정안은 실외 이동 로봇의 정의, 운행 안전 인증체계, 보험 가입의무 등 로봇의 실외 이동을 허용하기 위한 기반을 마련하고, 법적 안정성 확보를 위해 한시법이었던 지능형로봇법을 영구법으로 전환하였다.¹¹⁾ 개정안을 통해 실외 이동 로봇의 기술력은 더욱 발전할 것이라는 전망이다.

현행 로봇(지상형 드론)의 사례 조사를 통해 실외 이동 로봇의 다양한 발전 가능성과 소비자의 인식이 변함에 따라 사물 인터넷과 시의 기술을 활용한 고기능 제품이 주목받고 있음을 확인했다. 따라서 싱크홀 탐지 지상형 드론의 디자인 조건을 설정하면서 마주할 문제점을 사물 인터넷과 시의 기술을 통해 해결 방안을 마련하고자 한다.

4. 제품디자인 조건

4-1. 기술요소 검토 및 정리

싱크홀 탐지 지상형 드론의 제품디자인 조건을 설정하기 위해 GPR 제품과 드론의 기술요소 검토 및 정리를 하고자 한다. GPR 제품 사례 조사 분석 내용은 아래 [표 8]과 같다.

[표 8] GPR 제품디자인 특징 및 한계점 정리

구분	디자인 특징	디자인 한계점
 StructureScan Mini XT	작은 크기의 제품으로 휴대성이 좋으며, 사용자의 편의성과 효율성을 높이는 디자인	손잡이가 화면을 가리는 위치에 있으며, 제품의 작은 화면이 실시간 피드백 확인 어려움
 New UtilityScan	측정 자료의 실시간 피드백이 효율적이며, 손잡이를 활용한 공간활용도가 높음	사람이 끌고 이동하는 카트 형태는 사용자 간의 숙련도 차이와 제품 사용 시 불편함을 일으킴
 지뢰탐사 로봇	지뢰탐사 위험성을 예방하고, 환경변수와 지형변화의 문제점을 해결함	다목적 기능으로 인한 조작 어려움과 큰 크기의 형태

[표 8]에 따르면 GPR 제품은 각 사용 목적에 따

11) 산업통상자원부[웹사이트]. (2023. 08. 15). URL: http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=81&bbs_seq_n=167138

른 디자인 특징 및 한계점을 보여주고 있다. 하지만 본 연구에서 주요한 기술 요인인 GPR 시스템의 사용방식, 구동 원리, 환경변수에 대해 인지할 수 없는 부분이 존재하여 사례 조사를 통한 사용 목적에 따른 제품디자인 조건 설정에 사실적 근거 검증의 필요성이 요구되었다. 따라서 본 연구에서는 GPR 시스템의 전문가를 만나 소견을 듣기로 하였다.

또한, 사례 조사를 통한 드론의 기술요소 분석은 아래 [표 9]와 같다.

[표 9] 사례 조사 드론 유형별 기술요소 분석

유형 (지상형 드론)	로봇 청소기	배민 로봇 '달리'
이동 수단	바퀴	바퀴
몸체	납작한 몸체의 형태와 스테이션 존재	배달 물품을 수납하기 위한 형태
컨트롤러	스마트 폰 활용	관계 시스템 통제
전지	충전식	충전식
센서 (자율주행 시스템)	LDS 센서, 자이로 센서, 카메라 센서	위치추적 센서, 장애물 감지 센서, 사물 인터넷

[표 9]에 따르면 지상형 드론(로봇)의 유형별 기술요소에 관해 확인할 수 있다. 로봇 청소기와 달리의 기술요소는 검증된 디자인 형태를 보여주고 있으며, 자율주행 시스템의 기능을 사물 인터넷과 시 기술의 연동을 통해 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 싱크홀 탐지 지상형 드론 제품디자인 조건을 설정하기 위해 유형별 기술요소를 검증하여 디자인 형태를 구현하고자 한다.

4-2. 전문가소견

싱크홀 탐사에 있어서 중요한 기술 요인인 GPR(Ground Penetrating Radar)의 사용방식과 문제점, 구동 원리, 환경변수의 문제를 이해하기 위해 전문가(국민대학교 창의공과대학 건설시스템공학부 교수님, 현직 실무자님(신영 씨앤에스 회사의 이사님, 지케이 건설 회사의 실무자)과 면담을 진행하였다.

본 연구에서는 전문가와의 면담내용을 통해 확인된 주요한 요인들은 아래와 같이 정리했다.

1. GPR 안테나는 땅과 최대한 붙어서 사용되며, GPR 데이터 획득 시스템으로 정보가 전송된다.

2. 구동 원리는 앞선 GPR 원리의 내용과 큰 차이가 없었다.

3. GPR 안테나는 사용 목적에 따라 크기의 차이를 가지고 있다.

4. 싱크홀 탐지는 일정한 속력으로 진행되는 것이 좋으며, GPR 안테나가 어느 정도 수평을 유지하는 것이 탐지의 정확도에 정확성을 높일 수 있다.

5. 환경변화(비, 눈)에 따른 토질 상태에 따라 탐지 정보가 부정확할 수 있다.

6. 본 연구에서 목적으로 하는 공사 현장의 탐사 시간은 예로 GPR 카트를 끌고 사람이 걷는 속도에 따라 다르다는 것을 알게 됐다.

7. 선행 제품으로써 비슷한 기술 요인을 가진 자율 지뢰 탐지기에 대해 깊이 있게 알게 됐다.

8. 전문가께서는 다양한 기술 요인으로 인해 제품의 무게가 커질 수 있으며, 측정 장비 무게의 중요성에 대해 알려 주셨다.

본 연구에서는 전문가와의 면담을 통해 얻은 주요한 요인들을 바탕으로 지상형 드론 디자인을 진행할 것이며, 1부터 8가지의 정보는 싱크홀 탐지 지상형 드론 제품디자인 조건 설정에 있어서 중요한 자료가 됐다.

4-3. 제품디자인 조건 설정

본 연구에서는 제품디자인 조건 설정에 있어서 싱크홀 탐지작업의 간편화를 목적으로 두고자 하며, 제품디자인 조건은 크게 제품 사용성 측면, 기술적 측면, 안전성 측면, 3가지로 나뉘며, 각 항목의 제품 디자인 조건은 아래 [표 10, 11, 12]와 같다.

[표 10] 제품 사용성 측면

제품 사용성 측면	
구분	내용
제품 휴대 기능	제품 하부에 손잡이 부분으로 휴대
제품 보관기능	브레이크 장치로 바퀴를 정지 및 제품 콘센트에 플러그를 끼워 충전 보관
제품 실시간 피드백	제품 app를 이용한 제품의 상태확인 및 컨트롤러 사용
제품 컨트롤러 기능	제품 전원을 쉽게 확인 가능한 LED 배치
제품 탐사 범위 설정	사용자가 제품을 작동하여 탐사할 면적의 각 꼭짓점에 이동시켜 제품에 인식
제품 탐사 측정 정보 확인	GPR 데이터 획득 시스템의 확인 및 데이터 이송 가능

[표 11] 제품 기술적 측면

제품 기술적 측면	
구분	내용
제품 app 연결 방식	제품 app 활용
GPR 안테나 위치	제품 하부에 위치
제품 통합 시스템 기능	소형 컴퓨터를 활용한 자율주행 통합 시스템 (LIDAR, 카메라, 적외선 센서, GPS, GPR 데이터 획득 시스템)
제품 통합 시스템 위치	GPR 안테나와 연결될 수 있는 위치
제품 이동 기능	배터리, 모터, 바퀴

[표 12] 제품 안전성 측면

제품 안전성 측면	
구분	내용
지형 변화(패인 땅, 얇은 경사 등)에 따른 안전성 대책	제품 하부의 수평 유지를 위한 스프링 활용 및 일정한 제품 속력
환경변화(비, 눈, 밤 등)에 따른 안전성 대책	갑작스러운 환경변화에 제품 방수 처리 및 환경 보조
제품 무게	15kg~20kg
제품 상태 이상(충격, 고장) 피드백	App를 이용한 제품 상태 이상 확인
제품 시인성	탐사 진행 시 LED와 소리를 활용한 시인성 확보
상품 이미지 조건	측정 제품에 맞는 색과 형태를 유지

4-4. 제품디자인 조건 검증 및 보완

제품디자인 조건으로 설정한 제품 사용성 측면, 제품 기술적 측면, 제품 안전성 측면의 각 항목에 번호를 매겨 보기 편하게 검증할 것이다. (예 Usability 1 : 제품 휴대 기능, Tech 2 : GPR 안테나 위치, Safety 3 : 제품 무게 등)

설정된 제품디자인 조건의 공통 주제 구분과 검증 문항은 싱크홀 탐지기를 구현하는데 필요한 기능적 요구 사항에 맞춰 선행연구, 사례분석, 전문가 소견에 따른 기술요소 분석과 환경변수를 근거로 삼아 분류 및 정리하였다. 검증 문항은 [표 13]과 같다.

[표 13] 검증 문항

공통 주제 구분	검증 문항
Usability 2, Tech 2, Tech 5, Safety 1	1. 제품 하부의 형태
Usability 5, Safety 5	2. LED와 소리의 기능을 활용한 제품 상황확인
Usability 3, Usability 4, Tech 1, Safety 4	3. App와 제품의 상호작용
Usability 1, Safety 3	4. 제품 무게 및 휴대
Usability 6, Tech 3, Usability 7, Tech 4	5. 소형 컴퓨터와 스크린 배치
Safety 2, Safety 6	6. 제품 마감 및 보조와 상품 이미지 조건

각각의 검증 문항은 선행연구, 사례분석, 전문가 소견 내용을 근거로 하여 검증할 것이며, 제품 하부의 형태 검증은 아래 [표 14]와 같다.

[표 14] 제품 하부 형태 검증

이미지	검증 문항	검증내용
	제품 하부 형태	GPR 안테나는 땅과 근접한 거리에 있는 것이 좋기에 자동차 스케이트보드 플랫폼을 참고하여 제품 이동 기능과 지형변화의 안전성 대책을 확보하고 자동차 주차 브레이크 및 충전 기능 추가

제품 하부 형태의 검증을 위해 각 기술요소를 정리하고자 한다. 자동차의 기술요소 스케이트보드 플랫폼의 형태를 근거로 삼아 [usability 2]에 해당하는 제품 보관기능은 대기 중인 제품이 바퀴가 굴러

서 움직이는 것을 방지하기 위해 자동차의 주차 브레이크 기능을 참고하고, 배터리를 충전시키기 위한 콘센트 그리고 GPR 데이터의 전송을 위한 USB 포트도 탑재한다. 전문가소견을 근거로 삼아 [tech 2]에 해당하는 GPR 안테나의 위치와 [safety 1]에 해당하는 지형변화의 안정성 대책은 자동차 스케이트보드 플랫폼을 활용하여 지면과 근접하고 수평을 유지하는 디자인을 한다. [tech 5]에 해당하는 제품 이동 기능은 제품 바퀴와 모터를 전동 키펀드의 기술 요인을 참고한다. 바퀴의 크기는 전동 키펀드에서 사용되는 중간 크기보다 약간 작은 7인치를 장착하여 제품과 지면의 간격을 줄일 것이고, 모터는 전륜구동으로 하여 제품의 전력 소모와 무게를 감소시킨다. 또한, 제품 탐사 시간은 전문가소견을 고려해 봤을 때, 제품의 바퀴 4개를 12시간 정도 작동시켜 주는 12V 120A의 배터리 장비를 사용한다. 각각의 근거를 통해 제품 하부 형태를 검증하고자 한다.

LED와 소리 기능을 활용한 제품 상황확인 검증은 아래 [표 15]와 같다.

[표 15] LED와 소리를 활용한 제품 상황확인 검증

이미지	검증 문항	검증내용
	LED와 소리를 활용한 제품 상황확인	현행 시장에 판매되는 제품 중 LED와 소리를 활용하여 제품 상태를 확인하는 것이 존재

[usability 5]의 제품의 전원 기능과 [safety 5]의 제품 시인성을 위한 검증으로 LED와 소리를 활용한 제품은 조명, 밥솥, 전자레인지 등과 같이 전자 제품에 많이 사용되는 사례가 존재하며, 밤과 같은 어두운 상황에서 제품의 시야를 확보할 전조등을 배치하고, 별도의 LED 모듈(색 변화)과 스피커를 통한 소리로 제품의 상태를 쉽게 파악하는 것으로 LED와 소리를 활용한 제품 상황확인을 검증하고자 한다.

App와 제품의 상호작용 검증은 아래 [표 16]과 같다.

[표 16] App와 제품의 상호작용 검증

이미지	검증 문항	검증내용
	App와 제품의 상호 작용	LG 전자의 '씽큐 앱'과 같이 다양한 기기를 앱을 통해 서비스를 제공하는 기술이 있으며, 멀 티콥터의 드론은 기본적으로 제품의 컨트롤러를 사용하지만, 편의성을 위해 스마트폰으로 대부분 조종이 가능

App와 제품의 상호작용 검증을 추가 설명하면 '모스키토' 라는 복엽기형 무인 항공기가 있다. 스마트폰을 이용한 기울기와 몸짓으로 조작하며 본체에는 스마트폰 화면에 붙여 쓸 수 있는 조이스틱도 포함되어 있다. 스마트폰 기울기와 조이스틱 2가지 상태를 바꿔가며 비행을 조종할 수 있다.¹²⁾

앞선 LG전자의 '씽큐 앱'과 '모스키토'의 스마트폰을 이용한 드론의 조작과 App를 활용한 서비스를 참고하여 사용자가 스마트폰을 활용하여 탐사할 장소를 스캔할 수 있게 하며, 싱크홀 탐지를 위해 자율주행 중인 제품의 상태를 App를 통해 실시간 피드백이 가능한 것으로 App와 제품의 상호작용을 검증하고자 한다.

제품 무게 및 휴대 검증은 아래 [표 17]과 같다.

[표 17] 제품 무게 및 휴대 검증

이미지	검증 문항	검증내용
	제품 무게 및 휴대	싱크홀 탐지 종사자가 제품 휴대에 불편함이 생기면 제품으로써 문제가 생기기에 15kg~20kg 제품 무게를 설정하고, 휴대가 편리할 수 있도록 손잡이 배치 활용

전문가소견에 따르면 현재 사용되는 GPR 탐지기거나 다른 측정 장비들은 여러 기술 요인으로 인해 제품 무게가 많이 나가는 문제점을 알 수 있으며, 본 연구에서의 싱크홀 탐지기는 싱크홀 탐지 종사자인 성인 남성이 15kg~20kg 정도의 무리가 없는

12) Tech recipe 뉴스[웹사이트]. (2023. 08. 15).
URL: <https://techrecipe.co.kr/posts/13162>

무게를 설정하고, 제품의 무게가 쉽게 들고 다니기에는 무리가 있어 캐리어 손잡이를 참고하여 제품의 이동 편의성을 확보함으로써 제품 무게 및 휴대를 검증하고자 한다.

GPR 안테나 및 소형 컴퓨터 배치 검증은 아래 [표 18]과 같다.

[표 18] 소형 컴퓨터와 스크린 배치 검증

이미지	검증 문항	검증내용
	소형 컴퓨터와 스크린 배치	GPR 데이터 획득 시스템과 제품이 싱크홀 탐사를 하기 위한 자율주행 통합 시스템(LIDAR, 카메라, 적외선 센서, GPS)을 관리하는 소형 컴퓨터가 필요하며, 제품 하부에 GPR 안테나와 연결될 수 있는 위치 배치

[usability 7]의 제품 탐사 측정정보 확인과 [tech 3]의 제품 통합 시스템 기능의 검증은 LIDAR, 카메라, GPS, 적외선 센서, GPR 데이터를 판단하고 관리해줄 통합 시스템은 소형 컴퓨터를 활용하고, 탐지 정보를 확인할 방법으로는 소형 컴퓨터와 연결을 할 수 있는 태블릿 컴퓨터로 확인한다. [tech 4]에 해당하는 제품 통합 시스템(소형 컴퓨터)의 위치는 스케이트보드 플랫폼에 장착된 GPR 안테나와 배터리와 연결되고 전력을 공급받을 수 있는 위치를 선정하고, 태블릿 컴퓨터의 위치는 사용자가 정보 확인 및 사용에 불편이 없는 디자인을 한다. 또한, [usability 6]에 해당하는 제품 탐사 범위 설정을 검증하기 위해 앞선 자율주행 시스템 사례 항목에서 확인한 정보를 바탕으로 제품 탐사 기능을 설정하고자 한다. 완전한 자율주행 시스템은 여러 기술요소와 제품의 크기 및 형태가 방대해지는 문제가 있어 본 연구에서 목적으로 하는 싱크홀 탐지작업의 간편화와 상반되는 이념이라고 판단하여 제품 탐사의 기능을 태블릿 컴퓨터나 스마트폰을 조작하여 탐사할 장소를 스캔하고 제품에 저장된 정보를 토대로 탐지기가 자율주행하여 싱크홀 탐지를 수행하는 형태를 갖추하고자 한다.

마지막으로 제품 방수 처리 및 상품 이미지 조건 검증은 아래 [표 19]와 같다.

[표 19] 제품 방수 및 상품 이미지 조건

이미지	검증 문항	검증내용
	제품 마감 및 상품 이미지 조건	야외에서 측정하는 제품이기에 환경변화에 대책이 있고, 상품 이미지 조건에 맞는 디자인 설정

[safety 2]에 해당하는 환경변화에 따른 안전성 대책은 전문가소견에 따르면 싱크홀 탐지작업은 환경변화(비, 눈, 밤 등)에 따른 토질 상태에 따라 부정확한 정보를 수집하기에 야외에서 비나 눈이 온 상태에서는 탐사를 진행하지 않고, 탐사 중 환경변화가 발생 시 제품 고장 및 측정에 어려움이 있을 상황이 있어 방수 대책으로 테프론 코팅 마감을 하고, 자동차의 스케이트보드 플랫폼의 스프링을 활용한 환경 보조를 마련한다. 또한, [safety 6]의 상품 이미지 조건에 맞게 무채색의 단단한 플라스틱을 활용한 디자인을 하여 제품 방수 및 상품 이미지 조건의 검증을 하고자 한다.

위의 6가지 검증 문항을 사례분석, 선행연구, 전문가소견으로 검증을 진행하였으며, 보완된 제품디자인 조건은 아래 [표 20]과 같이 정리하였다.

[표 20] 보완된 제품디자인 조건

보완된 제품디자인 조건	
구분	내용
제품 하부의 형태	스케이트보드 플랫폼을 활용한 제품 하부 형태 고착화
LED와 소리를 활용한 제품 상황확인	전조등, LED 모듈, 스피커를 통한 제품 시인성 확보
App와 제품의 상호작용	App와 스마트폰의 연동을 통한 조작 및 피드백 확인
제품 무게 및 휴대	제품 무게 확립 및 캐리어 손잡이를 활용한 휴대 기능 고착화
소형 컴퓨터와 스크린 배치	소형 컴퓨터를 활용한 제품 통합 시스템 구축과 제품 내부구조 파악 및 자율주행 시스템의 활용
제품 마감 및 환경 보조와 상품 이미지 조건	환경변화에 대책이 있는 디자인과 제품 상품 이미지 조건에 맞는 디자인 구축

[표 20]과 같은 제품디자인 조건을 적용하여 디자인된 싱크홀 탐사기기는 현행 GPR 제품보다 낮은 효율성과 정확성을 가진 탐사를 할 수 있을 것이다.

5. 결론

국토교통부는 차량형 지표투과 레이더와 GPR 카트를 활용하여 싱크홀 탐지작업을 진행하고 있다. 하지만 증가하는 싱크홀 사고량으로 인해 싱크홀 예방에 필요한 조사 장비와 인력이 부족한 실정이다. 또한, 차량형 지표투과 레이더는 차도에 한정되어 이동하는 것과 GPR 카트는 사람이 직접 끌면서 사용하는 이와 같은 조건은 조사 장비와 인력이 부족한 현 상황에서 싱크홀 사고를 감소시키는 것에 어려운 문제로 확인된다. 따라서 조사 장비와 인력이 부족한 현 상황에서 싱크홀 사고를 예방하기 위해 싱크홀 탐사기기에 대한 지형적 공간이나 복잡 관계에 구애받지 않는 디자인적 개선이 필요하다고 판단되었다.

이에 본 연구는 현행 GPR 제품, 자율주행 시스템, 드론의 사례를 조사 분석하여 지상형 드론 제품 디자인 조건을 설정하였다. 현행 GPR 제품의 사례 조사를 통해 각 제품의 사용 목적에 따른 특징과 한계점을 파악하였으며 디자인 방향성을 정립하였지만, GPR 시스템의 사용방식과 구동 원리의 사실적 근거가 필요하다는 사실을 확인하여 전문가와 면담을 진행하였다.

또한, 자율주행 시스템의 사례분석을 통해 자율주행 시스템이 차에만 국한되지 않고 인프라, IT, 통신기술의 연동이 제품의 영역까지 넓혀 발전될 수 있을 것이라는 사실을 알게 되었으며, 드론과 관련된 제품 항목에서도 사회적인 변화와 자율주행 시스템의 기술요소를 접목하여 다양한 문제해결의 예시를 확인할 수 있었다.

초기 제품디자인 조건은 제품 사용성 측면, 제품 기술적 측면, 제품 안전성 측면, 3가지로 나누어 설정하였으며, 사례분석, 선행연구, 전문가소견을 바탕으로 검증하여 보완된 제품디자인 조건을 제시하였다.

향후 본 연구를 통하여 보완된 제품디자인 조건을 활용한 싱크홀 탐지작업의 간편화를 위한 지상형 드론 디자인을 제안할 것이며, 제안된 지상형 드론을 통하여 현행 GPR 제품보다 효율성과 정확성이 높은 탐지작업이 이루어질 것으로 기대된다.

참고문헌

1. (이기영, 강상준), "도시를 삼키는 싱크홀, 원인과 대책", 경기연구원 연구보고서, 2014.08, 제156호
2. 박인준, "방재 정보-싱크홀 현황과 그 대책", 방재 저널, 2015.05, 제17권, 제2호
3. 홍상희, GPR(ground penetrating radar)의 활용, 2월 기술 논고, 2007.02
4. (김상호, 심환희), 코로나 19 발생 전후 배달 및 온라인 소매유통 애플리케이션 사용시간 변화분석, 농식품 시스템연구부, 2021 제5호
5. www.chemicalnews.co.kr
6. www.easylaw.go.kr
7. www.kidd.co.kr
8. www.seoulfn.com
9. www.newswire.co.kr
10. story.baemin.com
11. www.motie.go.kr
12. techrecipe.co.kr