

드론 에너지원 전환의 한계 : 규제와 인증을 중심으로

한상익

세명대학교 스마트IT학부 교수

Limit on transition of energy source for drone : Focusing on regulation and certification

Sang Ik Han

Assistant Professor, School of Smart IT, Semyung University

요약 드론 비행의 위치 인식에 있어 GPS 신호의 절대적 의존성, 비행 안정성, 배터리 한계로 인한 비행시간 문제는 드론 산업 발전의 큰 제약이 되고 있다. 특히 20분 내외의 짧은 임무 비행시간은 드론 활용에 있어 큰 걸림돌이 되고 있으며, 이를 극복하기 위해 액체수소를 에너지원으로 이용한 드론개발이 활발히 진행되고 있다. 하지만 액체수소 드론개발의 속도보다 현재의 규제 및 인증 제도 개정의 속도가 더뎠다. 개발 드론의 시험, 인증, 상용화에 어려움을 겪고 있으며, 이는 결국 드론 시장 선점의 문제점이 되고 있다. 본 논문에서는 수소 에너지 기반 드론개발 동향을 분석하며 규제와 인증 제도의 한계점을 소개하고 해결방안을 간략히 제시한다.

주제어 : 에너지 전환, 액체수소 드론, 배터리, 규제, 인증 제도

Abstract The absolute dependence on GPS signals for positioning, unstable flight, and short flight time due to battery limitations are the major problems to extend the practical use of drones in the industry. In particular, the short flight time of about 20 minutes is a big issue to the use of drones, and to overcome this, the liquid hydrogen powered drone is being actively developed. However, the revision of the current regulation and certification system for liquid hydrogen powered drone has not been completed yet, making it difficult to test, certify, and commercialize the hydrogen powered drone, which eventually becomes a problem in pre-occupying the increasing drone market. In this paper, we analyze the development trends of hydrogen powered drone and provide the current issues on regulations and certification systems for hydrogen powered drone.

Key Words : Energy transition, hydrogen-powered drone, battery, regulation, certification system

*Corresponding Author : Sang Ik Han(sihan@semyung.ac.kr)

Received November 17, 2022

Accepted December 20, 2022

Revised December 1, 2022

Published December 28, 2022

1. 서론

드론(Drone)은 4차 산업혁명의 핵심 요소 중 하나로 군사 목적으로 처음 개발된 이후 현재는 산업용, 군사용, 농업용, 의료용뿐만 아니라 일반인도 레저용으로 일상에서 드론을 쉽게 접할 수 있을 정도로 우리 생활에 다가와 있다[1]. 드론 산업의 발전에 발맞춰 국가도 드론 산업 육성을 위한 정책을 발표하고 있으며, 실증지원과 규제개선 등 혁신성장을 위한 선도사업으로 드론 산업을 집중적으로 육성하기 위한 노력을 진행 중이다[2-4].

현재는 드론 자체의 개발뿐만 아니라 드론을 구성하는 요소 기술에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있으며, 전 세계적으로 다양한 분야에 드론 활용이 활성화되어 기존 산업 분야에 기술 혁신성을 높이는 계기가 되고 있다. 하지만, 활발한 기술개발에도 불구하고 드론은 위치 인식에 있어 GPS(Global Positioning System) 신호에 절대적으로 의존하고 있으며, 이는 도심 지역 및 GPS 신호 음영지역에서의 활용성을 낮추고 있다[5]. 또한, 산업용으로 개발되는 25kg 이내의 작은 기체 크기는 드론 비행 시 바람으로부터 영향을 많이 받으며 날씨에 따른 운용에 제약받게 된다. 마지막으로 드론에 탑재 가능한 배터리 용량의 한계로 20분 내외의 짧은 임무 비행시간은 드론 활용에 있어 가장 큰 걸림돌이 되고 있다[6].

드론의 활용성을 높이기 위해 먼저 장기 체공이 가능한 드론개발이 필수적이며 이를 위해 수소 에너지를 활용한 드론개발이 진행되고 있다[7]. 2시간 내외를 비행할 수 있게 하는 기체소수를 탑재한 드론은 현재 상용화가 완료되었으며, 다양한 영역에서 기체소수 드론을 활용한 사업들이 진행되고 있다.

액체수소는 특성상 기체수소보다 같은 용량의 용기를 사용할 시 더 많은 에너지를 저장할 수 있으며 이는 기체수소 드론보다 더 장시간 비행이 가능함을 의미한다[8]. 현재 우리나라는 중소기업 중심으로 액체수소 드론개발을 진행하고 있으며, 비행시험까지 완료하였으나 규제 및 인증 제도의 부재로 인하여 산업에 활용할 수 없는 상황이며, 이는 드론 산업의 발전을 저해하고 전 세계 드론 시장을 선점하는 데 있어 큰 걸림돌이 되고 있다.

본 연구는 수소 탑재 드론의 활용 동향과 액체수소 드론개발 동향을 소개하고, 액체수소 드론을 다양한 산업 분야에 적극적으로 활용하기 위해 개선이 필요한 규제와 인증 제도, 그리고 해결방안을 제시하여 액체수소 드론 개발과 운용의 활성화에 이바지하고자 한다.

2. 드론 개요 및 산업

드론은 형태, 목적 등에 따라 다양한 기준으로 분류할 수 있으나 보통 로터의 구동 형태에 따라서 고정익, 회전익, 혼합형으로 구분된다. 고정익은 우리가 잘 알고 있는 비행기 형태의 드론을 말하며 양력을 활용하여 비행하므로 에너지 소모가 회전익에 비해 적어 장시간 비행에 적합하나, 빠른 방향 전환과 제자리 비행 등 운용에 필수적인 제어가 어려워 다양한 임무를 수행하기에는 적합하지 않은 단점이 있다.

회전익은 고정익에 비해 비행 속도가 느리고 운영시간이 짧으나, 빠른 방향 전환과 제자리 비행이 가능하여 감시 정찰, 물품 배송 등 다양한 목적으로 활용할 수 있고 기체 제작 및 운용비용이 저렴한 장점이 있다. 또한 회전익은 수직 이·착륙이 가능하여 이·착륙을 위한 활주로, 발사체 등을 요구하는 고정익에 비해 활용 범위가 넓다.

혼합형은 고정익과 회전익의 장점인 장시간 비행과 수직 이·착륙이 가능하도록 개발한 것으로 VTOL(Vertical Take-Off and Landing), 틸트로터(Tilt-Rotor) 형태를 지나 개발에 고도의 기술력을 요구하며 운영비용이 많이 들어 군사용 등 특수목적에 위해 제한적으로 활용되고 있다.

고정익	회전익		틸트로터	생물모방
<ul style="list-style-type: none"> • 날개 기체에 수평으로 붙어있는 형태 (비행기 형태) 	<ul style="list-style-type: none"> • 회전축에 설치되어 그 축 주위에 회전 운동을 하면서 양력을 발생시키는 형태 (헬리콥터 형태) 		<ul style="list-style-type: none"> • 회전날개(Rotor)를 기울임(Tilt)수 있는 항공기 	<ul style="list-style-type: none"> • 생물 날개 형태 (곤충, 새 등)
활주요 기법	로터형	덕트형		곤충형
발사대 기법	멀티 로터형			
기 타				조류형

Fig. 1. Drone classification based on the type of rotor[9]

일반적으로 드론은 하늘을 나는 비행체나 항공기를 의미하나, 물속에서 이동하는 로봇도 드론이라는 용어를 사용한다. 드론에 대한 정의는 조금씩 다르나 보통 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)를 의미하며[10], 조종사 없이 무선 신호를 이용하여 원격으로 비행 및 조종을 할 수 있는 비행체나 무인항공기로 정의하기도 한다[11].

우리나라에서는 드론의 개념이 무인 비행체 또는 무인항공기의 넓은 의미보다 Fig 1의 회전익 중 멀티콥터로 잘 알려진 멀티로터 형태의 비행체를 지칭하는 데 주로 사용된다.

2.1 드론 시장 규모

세계 드론 시장 규모는 2020년 225억 달러에 이르렀으며, 연평균 13.8%의 성장률을 기록하며 2025년에는 428억 달러에 이를 것으로 전망된다⁴⁾. 전체 시장 규모 중 드론 활용 분야가 79%로 정유소·송전탑 점검, 건설 현장조사, 교통 시설 점검 및 재고관리, 농업 순으로 활용 분야에서 큰 시장을 형성하고 있다.

국내 드론 시장 규모는 2016년 704억 원에 불과했으나 2020년 4,945억 원으로 크게 성장하여 세계 드론 시장의 약 2% 시장점유율을 기록하였으며, 연평균 13%의 성장률을 기록하며 2024년에는 8천억 원에 이를 것으로 전망된다⁴⁾. 국내 드론 시장은 드론 활용 산업이 제작 산업의 약 2.5배 규모를 기록하고 있으며 드론 활용 산업과 관련된 각종 지표도 증가하고 있다.

드론 기체 누적 신고 대수는 2016년 2,172대였으나, 2021년 6월 기준 26,035대를 기록하며 5년간 약 12배 증가하였으며, 누적 드론 조종 자격 취득자 수는 2016년 1,351명에서 2021년 6월 기준 57,918명으로 약 42.8배 증가하였다. 또한, 드론 산업 관련 일반예산은 2017년 87억 원에서 2021년 395억 원으로 4.5배 증가하였다⁴⁾.

2.2 드론 산업의 현주소

드론을 활용하는 업체 등록 건수가 2017년 약 1,500개에서 2021년 6월 약 4,000여개로 많이 증가하며 국내 드론 활용 산업이 양적으로는 크게 성장하였다. 하지만, 세계 드론 시장을 지배하는 드론 선진국은 물품 배송, 인프라 시설 점검, 건설, 재고관리 등 다양한 분야에 드론을 활용하거나 활용을 시도하고 있으나, 우리나라는 촬영, 측량 탐사, 농업, 조종 교육 등 단순 기술이 적용되는 분야에만 집중되어 질적 성장은 아직 부족한 상황이다.

드론 사고 발생 가능성으로 인해 인구 밀집 지역 내 드론 활용성이 떨어지고, 불법 촬영 등 개인 생활 침해에 대한 국민 불안으로 드론에 대한 부정적 인식이 커지고 있지만, 이를 예방하기 위한 불법 비행 관리와 사고대응 관리용 종합적인 안전관리 시스템이 부족한 실정으로 드론 산업의 발전을 저해하는 요인으로 작용하고 있다.

2.3 드론 산업 육성 방안

우리나라는 4차 산업혁명에 대응하기 위하여 2017년 11월 드론을 혁신성장 선도사업으로 선정하고 범정부 차원으로

서 드론 산업을 집중적으로 육성하고 있다.

2017년 12월 5년 내 드론 산업 규모 20배 성장, 기술 경쟁력 세계 5위권 진입, 사업용 드론 5만3천 대 상용화를 목표로 '드론 산업 발전 기본계획(2017 ~ 2026)'을 발표하였으며²⁾, 공공수요 기반으로 초기시장 육성, 한국형 K-드론 시스템 구축, 규제혁신 및 샌드박스 시범사업으로 실용화 촉진 지원, 개발-인증-자격 등 인프라 확충 및 기업지원 허브 모델 확산을 주요 핵심 과제로 선정하였다.

2020년 11월 국토교통부는 국내 드론 산업을 선도할 K-드론 브랜드 기업 육성과 국내 드론 활용 산업 활성화를 위한 '드론 산업 육성정책 2.0'을 발표하였다³⁾. 국내 드론 산업은 민간의 노력과 정부의 지원으로 짧은 시간 내 시장 규모가 급격히 성장하는 성과를 이루었으나, 국내 드론 산업을 선도할 기업이 없고, 일부 공공기관이 중국산 드론을 선호하는 점은 해결해야 하는 과제로 지적되었다.

시장의 양적 확대를 넘어 핵심 기업 육성을 위해 공공조달 개선, 투자 지원 확대, 실증기반 강화, 성공모델 발굴 및 조기 상용화를 추진하도록 하였으며, 드론 기업 평가를 통해 우수기업을 선별·공표하여 집중 지원하도록 하였다. 공공조달 시장에는 핵심기술 보유업체만 참여하도록 함과 동시에, 중견이상 기업의 조달시장 진입도 단계적으로 허용하기로 하였으며, 수요기관이 양질의 국산 드론을 구매할 수 있도록 발주 단계부터 평가까지 드론 구매 전문 컨설팅을 제공하기로 하였다.

세계 드론 시장 7대 강국으로 도약하기 위하여 2025년까지 상용화 성공모델 20개를 발굴하고 국내 드론 시장규모를 1조 원으로 성장하는 것을 목표로 상용화 모델 발굴 지원, 안전한 드론운용 환경 조성, 상용화 지원 인프라 확대, 드론 산업 발전 기반 조성의 4대 추진 방향에 규제없는 실증 확대, 불법드론 관리 및 대응강화, 드론개발 인프라 구축, 기술 경쟁력 강화 등 20개의 추진 과제를 선정할 '일상 속 드론 상용화 지원을 통한 드론 산업 경쟁력 강화 방안'을 2021년 12월에 발표하였다⁴⁾. 이는 드론 산업이 고부가가치 창출 가능한 신사업으로 성장잠재력이 높고, 글로벌 선두주자가 없는 드론 활용 시장의 체계적인 육성을 통해 국내 드론 활용 시장이 세계 드론 활용 시장을 선도할 수 있는 기반 마련을 목표로 하고 있다.

3. 수소 에너지 기반 드론

3.1 기존 상업용 드론의 문제점

법정부 차원의 드론 산업 육성을 위한 전폭적인 지원에도 불구하고 다양한 산업에서 드론을 활용하기에는 아직 많은 제약이 존재한다. 국내 드론 활용 시장이 제작 시장보다 크다는 점은 드론을 다양한 분야에 적용하고 있으나, 아직 드론 성능 향상 등 드론 자체에 대한 기술적 연구 개발이 미흡하다는 것을 의미한다. 드론은 안정적으로 활용하기에 몇 가지 기술적 문제가 있다.

우선, 드론 비행 시 드론의 위치를 파악하는데 GPS 신호에 절대적으로 의존한다는 점이다[5]. 이는 빌딩과 높은 건물이 많은 도심 지역에서의 드론 활용을 어렵게 만들며, GPS 신호로 드론의 위치 오차 발생 시 빌딩과 충돌 등 사고 위험이 존재하기에 드론을 사용한 실증, 시범사업들이 초기에 농경지 또는 해안가에서 진행된 중요이유이기도 하다.

드론의 최대이륙중량이 25kg을 초과하면 항공안전기술원으로부터 안전성 인증검사를 통과해야 한다. 까다로운 인증검사 절차를 피하려고 특수목적으로 제작되는 드론을 제외하고 현재 상업용 드론 대부분이 25kg 이하로 제작되고 있다. 드론의 무게가 가벼워진다는 것은 바람의 영향 등으로 인한 드론 비행 안정성을 저해하는 요인이 된다. 도서 지역 물품 배송 실증비행 시 해풍으로 인한 드론 운용에 어려움이 존재하였고, 빌딩풍으로 인해 도심 지역에서의 드론 비행은 또 다른 사고 요인으로 작용한다.

마지막으로 드론 활용의 최대 걸림돌은 짧은 비행시간이다[6]. 현재 드론에 탑재되는 Li-Po 배터리는 드론 규격에 따라 다르겠지만 20~30분 내외의 비행이 가능하다. 임무 수행을 위해 장비를 탑재하고 임무 장비가 전력 소모를 요구한다면, 드론 비행 가능 시간은 더 줄어들게 된다. 따라서, 잦은 배터리 교체로 인하여 드론 활용의 효율성이 떨어지는 결과를 낳게 된다.

3.2 수소 에너지 기반 드론의 현재

드론 활용 산업에서 드론 제작에 우선으로 요구하는 것은 바로 장기체공, 즉 장시간 비행이다. 이를 위해 현재 수소를 에너지원으로 하는 드론개발이 활발히 진행되고 있다[7].

기체수소를 사용한 드론은 이미 상용화되어 약 2시간 내외의 비행에 성공하였으며, 국내에서는 두산모빌리티노베이션에서 DS30W와 DT30N 모델을 출시하였다[12].

Table 1. DMI DT30N Specifications[12]

Model	GH ₂
Dimensions with propellers (WXLXH)	1,600(W) x 1,600(L) x 675(H) mm
Diagonal length	1,600mm
Maximum speed	18m/s
Maximum altitude	3,500m
Maximum flight time	150min without payload
Maximum takeoff weight	24.9kg
Weight without payload	20kg(with 12L Type 3 hydrogen container) 21kg(with 10.8L Type 4 hydrogen container)
Communication range	10km(Standard) 10~50km(Optional)
Maximum wind speed	10.8~13.8m/s

Table 1에서 볼 수 있듯이 DT30N 기체수소 드론은 페이로드(Payload)가 없을 시 약 2시간 30분 정도 비행이 가능하며, 수소탱크 크기에 따라 3~4kg 정도의 페이로드 탑재가 가능하다. 기체수소 드론은 고압 탱크를 사용하며 Li-Po 배터리에 비해 중량당 에너지 밀도가 7배가 높으나, 2시간 내외의 비행과 작은 페이로드만 허용되어 임무 장비 탑재에 한계가 있다.



Fig. 2. LH2 powered drone by Drone Makers

액체수소는 중량당 에너지 밀도가 Li-Po 배터리에 비해 15배 크며, 기체수소보다도 두 배 이상 크기에 장시간 비행과 큰 페이로드가 요구되는 임무 수행에 적합한 에너지원으로 여겨지고 있다[8]. 액체수소를 활용하기 위해 액화수소 저장 탱크에 관한 연구가 활발히 진행 중이며[13], 수색 구조 및 재난 대응 등에 장시간 비행이 가능한 액체수소 드론을 활용하는 방안도 제시되고 있다[14]. 2019년 액체수소

전문업체인 메타비스타는 총중량 7kg의 소형드론에 약 400g의 액체수소 파워시스템을 적용하여 12시간 7분의 비행시간을 기록하여 '원격 조종형 멀티콥터 장기 비행(비행시간)' 종목 공식 기네스에 등재되었다. 드론 전문업체인 드론 메이커스도 Fig. 2와 같이 현재 최대이륙중량 23kg에 6L급 액체수소를 탑재한 드론을 제작하였으며 새로운 기네스 기록 달성을 위한 준비를 완료하였다.

3.3 액체수소 드론의 규제와 인증 제도

액체수소 드론이 장시간 비행과 많은 페이로드를 탑재할 수 있음에도 불구하고 아직 상용화가 되지 않은 이유는 규제와 인증 제도가 아직 미비하기 때문이다. Table 2가 보여주듯이, 이미 상용화가 완료된 압축 기체수소 드론의 경우 기체수소 연료탱크 인증 및 성능검사, 안전장치에 대한 기준이 존재하나 액체수소 드론의 경우 연료탱크 인증 및 성능검사, 안전장치에 대한 기준이 없어 액체수소 드론을 상용화할 수 없는 실정이다.

Table 2. Hydrogen powered drone comparison

Hydrogen Type	GH ₂	LH ₂
Fuel tank type/material	Composite container(Type 4)	Thermally insulated cryogenic container
Fuel tank pressure	10 ~ 35 MPa	0.2 ~ 1 MPa
Fuel tank certification	KGS AC418 (Code for Facilities, Technology and Inspection for Manufacturing of Nonmetal Liner Composite Cylinders for High-pressure Gases)	-
Fuel tank test		-
Safety device	Thermal pressure relief device (TPRD)	-
Mobile charging station	-	-

액체수소는 가연성 초저온 액체로 사용하기 위해 매우 우수한 단열성능을 요구하므로, 엄격한 안정성 평가 및 인증이 뒷받침되어야 드론 활용 산업에 적용될 수 있다. 드론용 액체수소 연료탱크 제조의 기술 검사 및 재검사 기준 부재로 드론 제작 업체들이 앞서가는 기술력으로 액체수소 드론을 개발하였음에도 드론에 탑재 및 비행을 할 수 없으며, 기존

의 초저온 가스용 용기 제조의 시설 기술 검사 기준을 드론용 용기에 적용하기에는 적합하지 않기에 기준규격·허가 등 기술기준과 안전기준을 명확히 정립할 필요가 있다. 또한 액체수소 드론 파워팩 구성품인 기화 장치, 압력 조절 장치, 과압 방지 장치 등 안전장치 관련 제작 및 안전기준 마련이 필요하다.

액체수소 드론의 규제와 인증 제도 수립을 위해 정부 주도의 실증사업, 규제자유특구 사업 등이 더욱 활성화되어야 할 필요가 있다. 강원도 액화수소산업 규제자유특구 사업의 액화수소 드론 운행 실증과 충청남도 수소에너지 전환 규제자유특구 사업의 해안선 감시 드론 비행 실증, 도서지역 물품 배송 드론 비행 실증이 좋은 예이다. 이러한 사업들을 통해 액체수소 용기, 파워팩 시스템의 인증 요구사항, 성능검사 기준 등을 마련할 수 있다. 또한, 우수한 기술력을 가진 개발업체들이 액체수소 드론 운용에 필요한 필수 사항들을 먼저 제시하여 선제적 대응을 통한 활용방안 모색이 필요하다.

4. 결론

드론 산업은 정부가 추진하는 혁신성장 전략 사업 중 하나로 범정부 차원에서 적극적으로 지원하고 있으며, 민간에서 시장 선점을 위해 많은 투자를 하고 있다. 하지만 드론 자체가 갖는 한계로 인하여 다양한 분야에서 활용되기에 아직 어려움이 있다. 특히 Li-Po 배터리를 탑재하는 드론은 20~30분 내외의 짧은 임무 비행시간으로 인하여 드론 산업 활성화에 큰 제약으로 작용하고 있다. 이를 극복하고자 2시간 내외의 비행시간이 가능한 기체수소를 에너지원으로 하는 드론이 상용화되었으나, 탑재할 수 있는 페이로드가 작은 단점이 존재한다.

액체수소는 기체수소에 비해 중량당 에너지 밀도가 두 배 이상 크기에 액체수소 드론은 장시간 비행과 대용량 페이로드를 가능하게 하며, 국내 중소기업들이 적극적으로 개발하여 시험비행까지 마치며 상용화 준비에 박차를 가하고 있다. 하지만 기술개발의 속도보다 규제와 인증 제도의 개정 속도가 느려 드론용 액체수소 용기 인증 및 성능검사, 안전장치에 대한 기준이 없어 우수한 기술력을 갖고도 상용화할 수 없는 실정이다. 따라서, 세계 드론 시장 7대 강국 진입 목표를 달성하기 위해서는 기술개발 속도에 맞춰 관련 규제와 인증 제도들을 함께 개정하는 노력이 동반되어야 한다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2021), Domestic and Foreign Drone Industry Trends Analysis Report
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2017), Drone Industry Development Master Plan (2017~2016)
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2020). Drone Industry Promotion Policy 2.0
- [4] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021). *A plan to strengthen the competitiveness of the drone industry by supporting the commercialization of drones in daily life.*
- [5] I. Sheridan. (2020) Drones and global navigation satellite systems: current evidence from polar scientists. *Royal Society Open Science*, 7(3), 191494
DOI : 10.1098/rsos.191494
- [6] M. A. Khan. et al. (2021) A Study on Flight Time Enhancement of Unmanned Aerial Vehicles Using Supercapacitor-Based Hybrid Electric Propulsion System. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46, 1179-1198.
DOI : 10.1007/s13369-020-04941-5
- [7] J. Apeland, D. Pavlou & T. Hemmingsen (2020) Suitability Analysis of Implementing a Fuel Cell on a Multicopter Drone. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 12, e3220.
DOI : 10.5028/jatm.v12.1172
- [8] R. O. Stroman & M. W. Schuette & K. Swider-Lyons & J. A. Rodgers & D. J. Edwards (2014) Liquid hydrogen fuel system design and demonstration in a small long endurance air vehicle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(21), 11279-11290.
DOI : 10.1016/j.ijhydene.2014.05.065
- [9] Y. M. Cho. (2019). *A Study on the Improvement of Operational Sustainability in the Military Sector by Using Drone.* Sangji University Master's thesis.
- [10] W. I. Kim. (2017). *Improvement plan using drones in safety management of repair facilities.* Master of Chung-Ang University, Seoul.
- [11] W. S. Lee. (2013). A Study on the Roadmap for Activating Ground-Based Robots and Creating Demand,
- [12] Doosan Mobility Innovation. A durable, versatile commercial drone solution: DT30N. <https://www.doosanmobility.com/en/products/drone-dt30/>
- [13] D. J. Jang et al. (2020) Development of Liquid-Hydrogen (LH₂) storage tank and safety standards. *Superconductivity and Cryogenics*, 22(1), 4-8.
- [14] S. J. Oh et al. (2022) Search and Rescue and Disaster Response Using 5G-Based Liquid Hydrogen Drone. *2022 Journal of The Society of Disaster Information*, 369-370.

한 상 익(Sang Ik Han)

[정회원]



- 2006년 2월 : 중앙대학교 전자전기공학부(공학사)
- 2009년 5월 : The College of Optics and Photonics, University of Central Florida (이학석사)
- 2014년 12월 : Electrical Engineering, The University of Texas at Dallas (공학박사)
- 2021년 4월 ~ 현재 : 세명대학교 스마트IT학부 조교수
- 관심분야 : 무선통신, 드론 통신네트워크, 인공지능응용, 드론운용시스템
- E-Mail : sihan@semyung.ac.kr