

자율 비행 멀티콥터 기술 개발 동향 - A* 알고리즘과 딥러닝 기법을 중심으로

2020. 08. 27

발표자

고상호 교수

참여인원

신승찬, 신재호, 탁형태

소 속

한국항공대학교(항공우주및기계공학부)

신호처리 및 자율제어 연구실(SPACL)

Signal Processing & Autonomous Control Lab

목차

■ 멀티콥터 활용 사례

■ 자율 비행 연구의 필요성

■ 자율 비행 멀티콥터 하드웨어 구성

■ 자율 비행 기술 개발 동향

- SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)
- 규칙 기반 자율 비행 기술
- 학습 기반 자율 비행 기술

■ KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

- 포텐셜 필드 기반 자율 비행 기술
- 3D A* 기반 자율 비행 기술
- 딥러닝 기반 자율 비행 기술

■ 국내 드론관련 정부개발연구사업 소개



| 멀티콥터 활용 사례

멀티콥터 활용 사례

멀티콥터 활용 사례

■ 활용의 장점

- 작업에 필요한 시간, 비용, 인력을 감소시키면서 안전성, 편의성 증가

■ 주요 활용 대상 작업

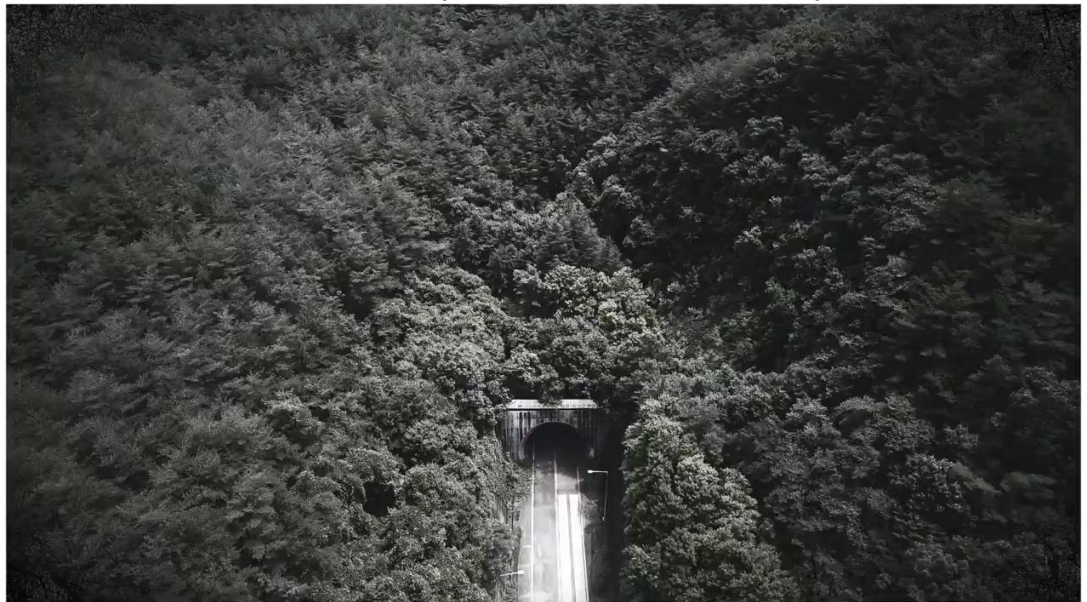
- 지상 작업 시 특수 장비를 필요로 하는 고 고도 작업
- 유지보수 등 업무가 반복적, 지속적으로 이루어지는 작업

■ 주요 활용 사례

- 전파, 기상정보 등 데이터 관측
- 재난 현장 탐색
- 파이프, 전력선 등 시설물 점검



전파 측정 (STRAPAG, 스위스, 2019. 05.)



재난 현장 탐색 (KARI, 대한민국, 2020. 08.)

멀티콥터 활용 사례

출처 - 파이프 점검 : <https://www.youtube.com/watch?v=Cs7U7bjQpX0>
오일 공장 점검 : <https://www.youtube.com/watch?v=gn2KUUpwuMP4>
전력선 점검 : <https://www.youtube.com/watch?v=usbCEi9xvVQ>
콘크리트 점검 : https://www.youtube.com/watch?v=ZgTVNR_xG8s

시설물 점검 사례



파이프 점검(AUAV, 호주, 2019. 11.)



전력선 점검(UAVEX, 미국, 2017. 03.)



오일 공장 점검(Halo Robotics, 인도네시아, 2020. 04.)



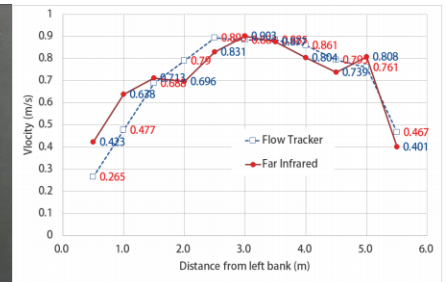
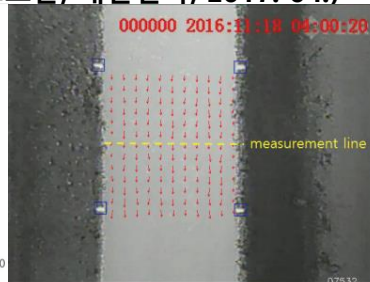
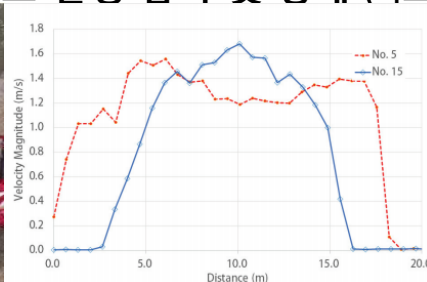
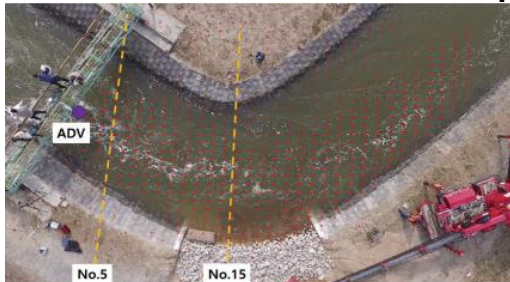
콘크리트 점검(Danish Technological Institute, 덴마크, 2018. 11.)

멀티콥터 활용 사례

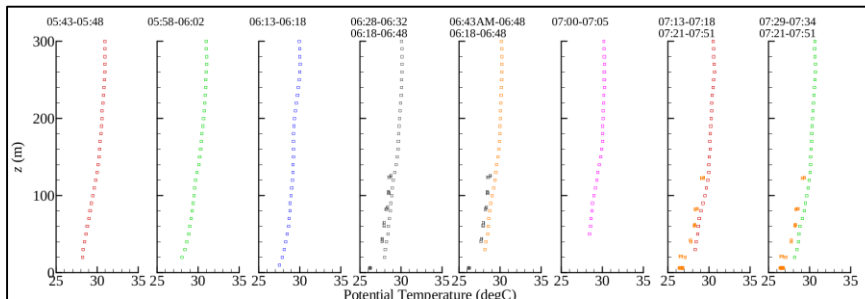
데이터 측정 사례



적조 발생 탐지 및 방재 (엑스드론, 대한민국, 2017. 04.)



하천 표면유속 측정 (동의대, 대한민국, 2017. 04.)



기상 관측 (University of Kentucky, 미국, 2017. 02.)

출처 - 적조 발생 탐지 및 방재 : 진정희, 김형석, "드론기술의 공공분야 적용사례," 드론 영상 기반 기술과 서비스, 2017
하천 표면유속 측정 : 류권구, 황정근, "드론 장착 카메라를 이용한 하천의 표면유속측정," 한국방재학회, Vol. 17, No. 2, pp.403-413, 2017,
기상 관측 : Sean C.C, et al., "Measurement of High Reynolds Number Turbulence in the Atmospheric Boundary Layer Using Unmanned Aerial Vehicles," ISTSFP, Vol. 10, 2017



자율 비행 연구의 필요성

2. 연구의 필요성

자율주행 드론의 필요성

< 활용분야별 상업용 무인기 시장 규모 추정, 2016~2025 >

(단위 : 백만원)

구분	2016	2019	2022	2025	Total	CAGR(%)
건설	65.0	524.0	1,310.0	1,654.0	8,914.5	43.3
에너지	41.7	215.0	536.0	898.0	4,024.0	40.6
농업	174.5	427.0	892.0	1,363.0	6,971.0	25.7
통신	-	200.0	600.0	1,500.0	5,300.0	39.9
보험	26.3	115.7	466.0	688.0	3,206.4	43.7
촬영/부동산	79.6	239.2	332.0	410.0	2,725.4	20.0
총계	387.1	1,720.9	4,136.0	6,513.0	31,141.3	36.8

출처 : 무인기산업 국내외 현황조사 및 수요기반 발전방안 연구

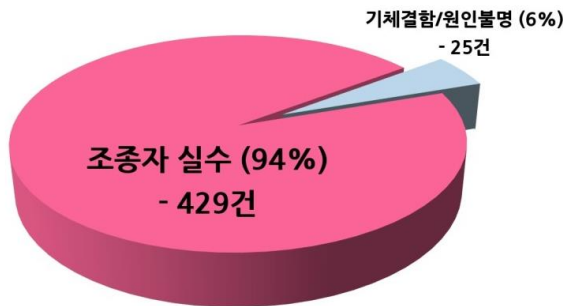


- 촬영, 레저를 위한 활용을 넘어서 다양한 분야에서 드론이 활용되기 시작함
- 드론의 기동성은 군사, 재난 대응, 산업 현장 등의 다양한 분야의 현장에서 시간을 효율적으로 활용할 수 있도록 하며, 사람이 직접적으로 1선에 투입되지 않아 작업 안정성에 기여함
- 투입 현장에서 드론은 스스로 판단하고 비행해야 하며, 이를 위해 자율주행의 신뢰성을 높이는 것이 매우 중요함.

2. 연구의 필요성

조종 미숙에 의한 드론 사건 사고

- 자동차보다 자유도가 높은 멀티콥터는 조종 미숙과 관련한 사고가 멀티콥터 사고의 대부분을 차지함
- 레저의 목적이 아닌 임무를 수행하는 멀티콥터를 수동으로 조종 시 임무 수행에 한계가 있고, 특히 비행의 안전성을 높이기 위해 신뢰성 높은 자율비행이 요구됨



출처: 드론플레이 사고 건수 집계

2018년도 멀티콥터 추락/분실 사고 현황



멀티콥터 사고 사례

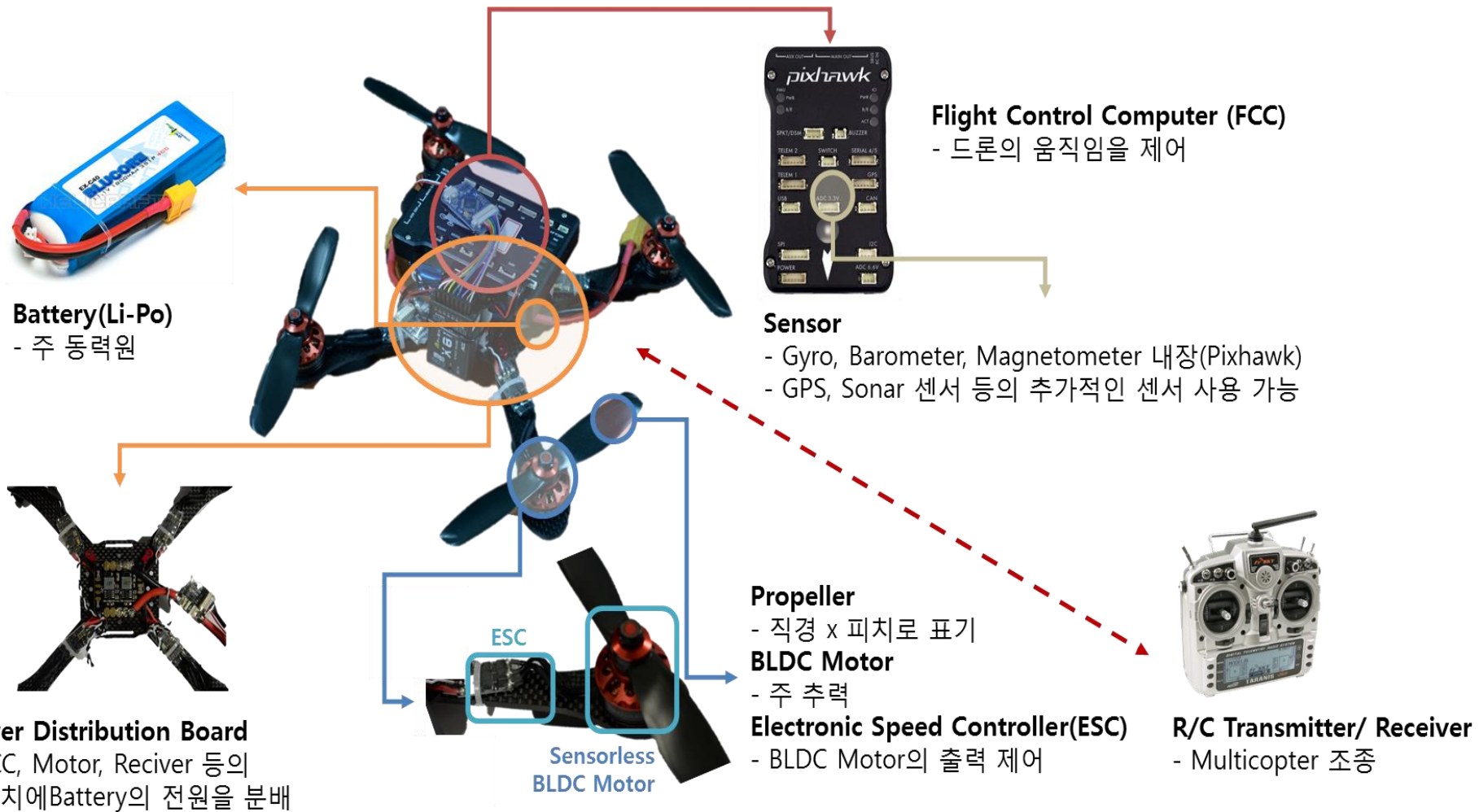


자율 비행 멀티콥터 하드웨어 구성

자율 비행 멀티콥터 하드웨어 구성

멀티콥터의 소개

- 7개의 핵심부품(FCC, 모터, ESC, 프로펠러, 센서, 배터리, 전원보드) & R/C 조종기



멀티콥터의 핵심부품 구성도

자율 비행 멀티콥터 하드웨어 구성

하천 표면유속 측정 멀티콥터 하드웨어 구성 사례 (동의대)

- DJI사의 Matrice 100 제품을 사용
 - 목적에 따라 비행 플랫폼 변경 가능
 - 배터리 2개를 장착 시 최대 40분까지 비행
 - 비행에 필요한 복잡한 시스템을 자동으로 관리 가능하여 초보자도 간단한 교육 후 쉽게 사용이 가능함
- 비디오 카메라는 DJI Zenmuse X3을 사용
 - Gimbal에 장착되어 안정된 영상 촬영 가능
 - 메모리에 영상을 저장하여 비행 종료 후 분석
- 추가적으로 FLIR사의 Vue 원적외선 카메라를 장착함



Weight(with TB47D battery): 2355 g
 Max Takeoff Weight: 3600 g
 Max Speed: 17 m/s (GPS mode, no wind)
 Max Wind Resistance: 10 m/s
 Hovering Accuracy: Vertical: 0.5 m
 Horizontal: 2.5 m
 Hovering Time(with two battery): 33 min
 Battery Capacity: 4500 mAh (LiPo 6S)
 Battery Voltage: 22.2 V

(a) DJI Matrice100



Operating Frequency: 5.725~5.825 GHz
 Transmission Distance: CE: 3.5 km
 FCC: 5 km
 Video Output: USB, Mini-HDMI
 Power Supply: Built-in battery
 Mobile Device Holder: Supports Smartphone and Tablets
 Output Power: 9 W
 Max Mobile Device Width: 170 mm

(b) DJI Remote Controller



Sensor Size: 6.17 × 4.55 mm
 Sensor ISO range: 100~3200
 Lens Optics: 20 mm
 Diagonal FOV: 94 °
 Distortion: 0.90 %
 Focus Range: Infinite
 Video Resolution: 3840 × 2160 (30 fps)
 Video Encoder: MPEG4/AVC/H.264
 Video Format: MP4/MOV
 Video Storage: Micro-SD Class 10

(c) DJI Zenmuse X3 Camera



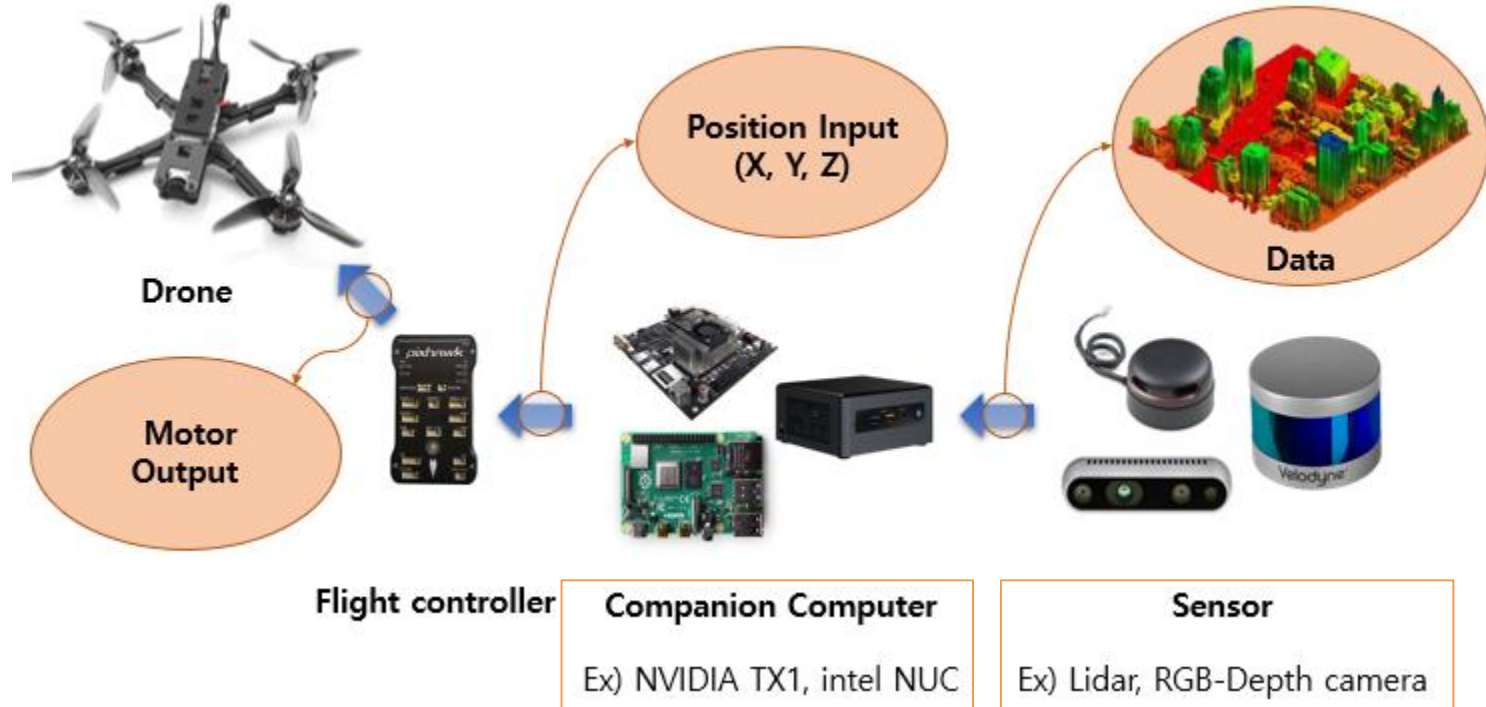
Size: 57.4 × 44.4 × 44.4 mm (including lens)
 Spectral Band: 7.5 ~ 13.5 μm
 Weight: 113.4 g
 Input Supply Voltage: 4.0 ~ 6.0 V
 Operating Temperature Range: -20°C ~ 50°C
 Operational Altitude: 12,000 m
 Video Resolution: 640 × 512 (30 fps)
 Video Format: AVI
 Video Storage: Micro-SD Card

(d) FLIR Vue Thermal Camera

자율 비행 멀티콥터 하드웨어 구성

자율 비행을 위한 추가 하드웨어 구성

- 거리 정보, 이미지 정보 등 자율 비행을 위해 필요한 데이터를 얻는 Sensor
- 데이터를 처리하여 비행 경로를 계획하는 Companion Computer
- SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)



자율 비행 멀티콥터 하드웨어 구성




자율 비행에 필요한 센서 소개

▪ LiDAR

- LiDAR(Light Detection and Ranging)는 광원과 수신기를 사용하여 원격의 개체를 탐지하고 거리를 측정하는 센싱 기술

▪ Depth Camera

- 두 개의 카메라로 같은 화면을 촬영해 각 이미지의 차이로 거리를 측정하는 센싱 기술

분류	제품명	이미지
3D Lidar	Velodyne Puck Lite™ 크 기: 407"x2.86" 탐색 거리: 약 100m 시 야 각: 수평 - 360°, 수직 - 29° 가 격 대: 4000 달러 (약 470만원) 특 징: 고성능 3D Lidar, 고해상도, 동급 센서 대비 가벼운 무게	
2D Lidar	SLAMTEC RPLidar A3 크 기: 29.92"x1.61" 탐색 거리: 약 25m 가 격 대: 760 달러 (약 90만원) 특 징: 빠른 샘플링 속도 - 16000 samples per second	
Depth Camera	Intel® Realsense™ Depth Camera D435 크 기: 90 mm x 25 mm x 25 mm 탐색 거리: 약 25m 시 야 각: Depth : 수평 - 86°, 수직 - 57° RGB : 수평 - 69.4°, 수직 - 42.5° 가 격 대: 180 달러 (약 90만원) 특 징: 카메라 두개의 이미지간의 차이를 통해 거리 인식 (Stereo 방식)	

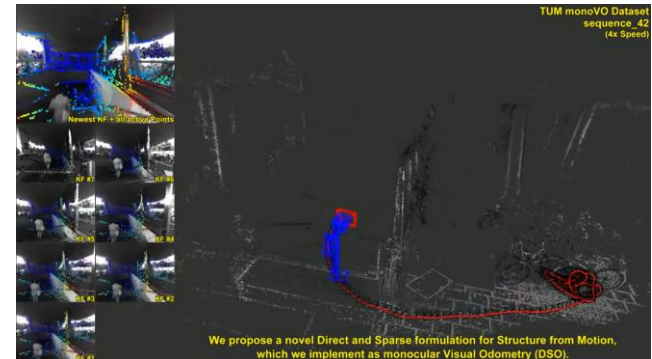
자율비행 기술 개발 동향

- SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)
- 규칙 기반 자율 비행 기술 연구 사례
- 학습 기반 자율 비행 기술 연구 사례

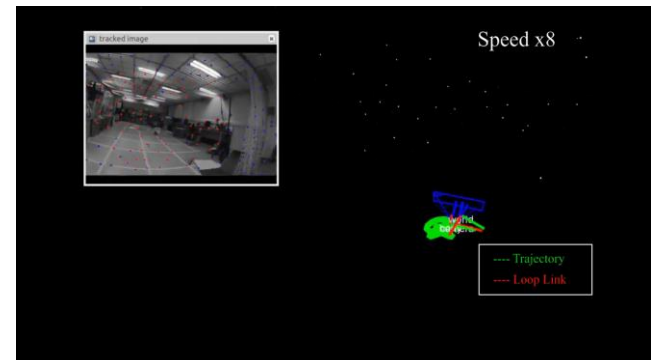
SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)

■ 위치 추정과 주변 환경 맵핑 기술

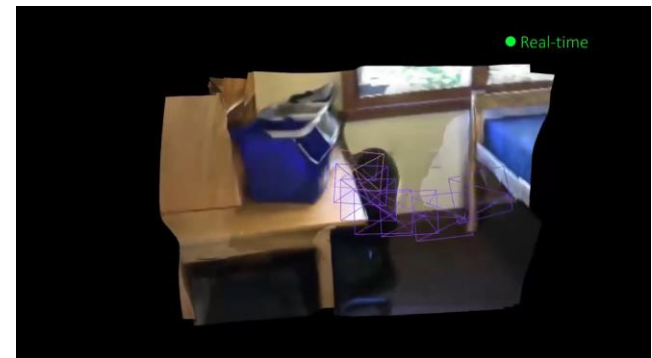
- Visual SLAM은 이미지 데이터만을 사용하는 SLAM 기술. 크게 단안 카메라를 사용하는 Mono SLAM과 양안 카메라를 사용하는 Stereo SLAM으로 나뉘며 RTAB-Map, DSO, ORB, LSD 등이 있음
- Visual-Inertial SLAM은 이미지, IMU 데이터를 같이 사용하는 SLAM 기술. IMU 데이터가 보조적인 역할만 하는 Loosely coupled SLAM과 카메라, IMU의 raw 데이터가 같이 최적화 되는 Tightly coupled SLAM으로 나뉘며 VINS, ROVIO, OKVIS, MSCKF 등이 있음
- Deep learning SLAM은 인공지능이 적용된 SLAM 기술. 주로 Feature detection, Depth estimation 단계에서 많이 사용되며 기존의 SLAM 보다 Feature가 적은 이미지에도 강건한 특성을 보임. CNN-SLAM, UpDeepVO, DeepFactors 등이 있음



DSO (TUM, 독일, 2016. 07)



VINS-Mono (HKUST, 홍콩, 2017. 08)



DeepFactors (ICL, 영국, 2020. 01)

자율 비행 기술 개발 동향

■ 규칙 기반 자율 비행 기술 연구 사례

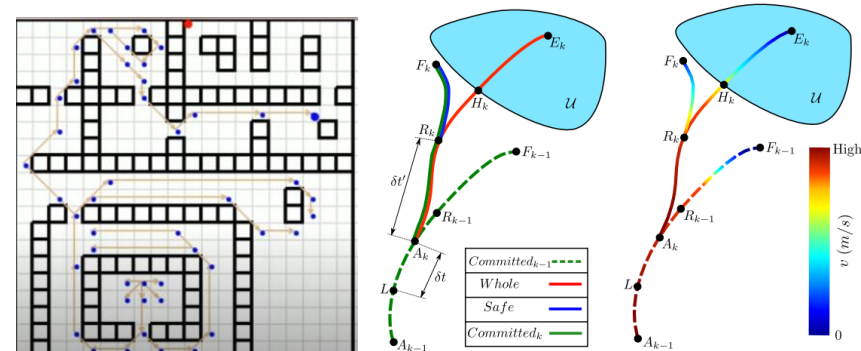
	기술내용	연구기관	국가
국내	➢ 그리드화 된 3차원 공간을 Weighted A* 알고리즘을 이용하여 스스로 목적지까지의 경로를 생성하고 이를 따라 비행하는 알고리즘	한국항공대학교 [2020]	한국
	➢ RRT*를 발전시킨 RH-RRT* 알고리즘을 이용하여 스스로 목적지까지 경로를 생성하고 이를 따라 비행하는 알고리즘	KAIST [2017]	한국
	➢ LiDAR를 통해 얻은 장애물 정보를 Gaussian Mixture Model을 기반으로 Artificial Potential Field를 생성하여 충돌을 회피하며 비행하는 알고리즘	한국항공대학교 [2018]	한국
해외	➢ Jump Point Search 알고리즘으로 찾아진 piece-wise 선형 전역 경로 부근에 convex decomposition 수행한 후 Unknown 영역을 고려한 전체 경로, Known 영역만 고려한 안전 경로, 전체 경로에서 안전 경로로의 수정 경로를 동시에 고려하는 알고리즘	MIT [2019]	미국
	➢ 깊이 지각 카메라를 통해 얻은 정보와 RRT 알고리즘을 기반으로 하여 3차원 공간에서 자율 비행하는 알고리즘	ESPE [2016]	에콰도르
	➢ 비행 환경을 Rectangular Cuboid Decomposition을 통해 경로를 생성하고 이를 따라 비행하는 알고리즘	University of Iasi [2019]	루마니아
	➢ Artificial Potential Field기반 자율 비행 알고리즘의 한계점 중 하나인 Local minimum 문제를 보완한 알고리즘	Hebei Academy of Sciences [2018]	중국

자율 비행 기술 개발 동향

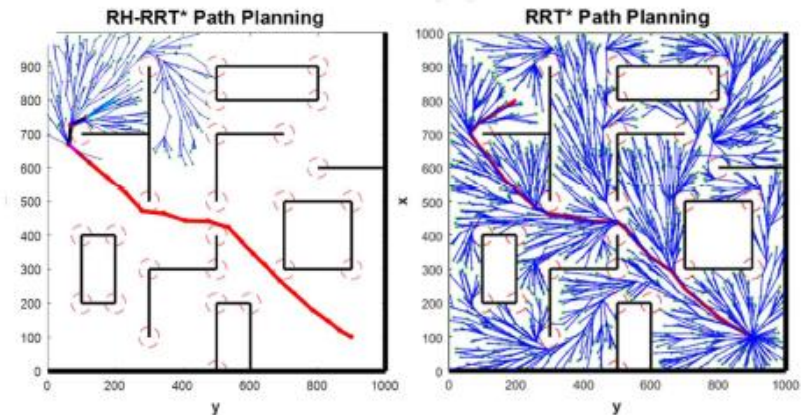
규칙 기반 자율 비행 기술 연구 사례

■ 노드 기반 자율 비행 알고리즘

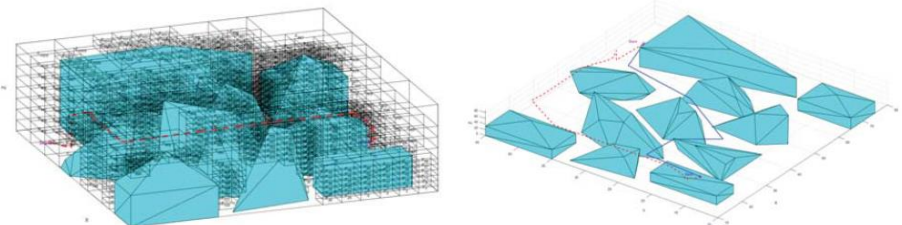
- Jump Point Search 알고리즘은 A* 알고리즘이 경로 상의 모든 노드를 탐색하면서 발생하는 비효율성을 해결한 알고리즘으로 jump point 사이에 piece-wise 경로가 생성 됨
- Piece-wise 선형 전역 경로 부근에 convex decomposition 수행 후 unknown 영역을 고려한 전체 경로, Known 영역만 고려한 안전 경로, 전체 경로에서 안전 경로로의 수정 경로를 동시에 고려하는 알고리즘
- Rapidly exploring Random Tree 알고리즘은 랜덤하게 노드를 생성하며 목적지 까지의 경로를 탐색하는 알고리즘이며, RRT*는 RRT 알고리즘을 반복시행을 통해 보다 최적화 된 경로를 찾는 알고리즘
- RH-RRT* 알고리즘은 기존의 RRT* 알고리즘을 탐색 범위를 제한하여 계산 효율성을 높인 경로 탐색 알고리즘
- 루마니아에서는 비행 환경을 직육면체로 재구성 하여 비행 가능한 경로를 찾아내는 알고리즘을 연구



Jump Point Search 알고리즘 (MIT)



RH-RRT 알고리즘 (KAIST)



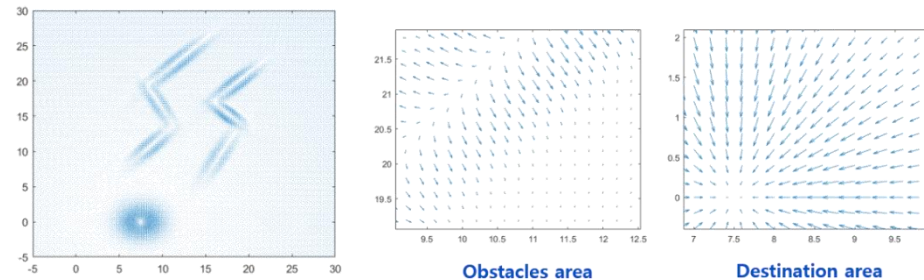
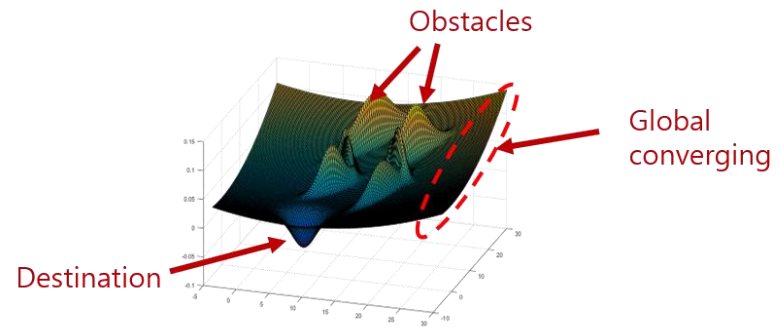
Rectangular Cuboid Decomposition 알고리즘 (루마니아)

자율 비행 기술 개발 동향

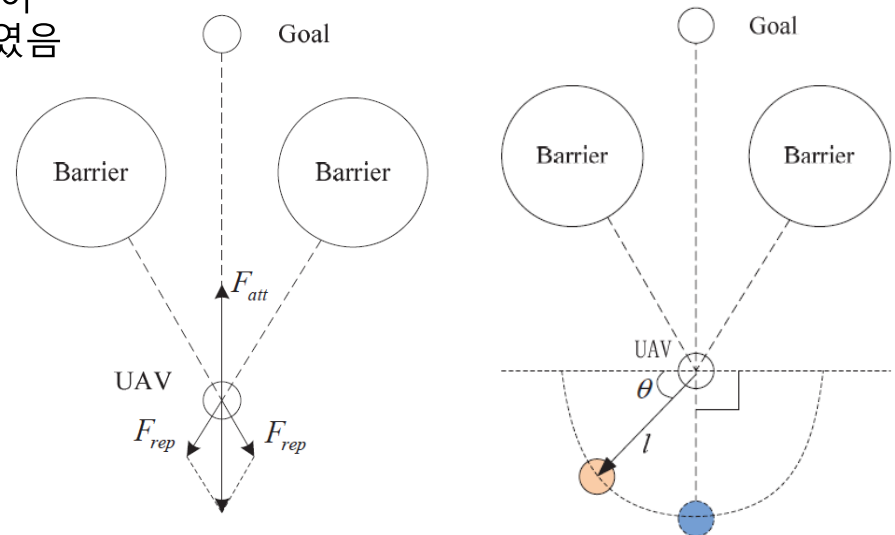
■ 규칙 기반 자율 비행 기술 연구 사례

■ Potential Field 기반 자율 비행 알고리즘

- Artificial Potential Field 알고리즘은 Destination에서는 인력을, 장애물에서는 척력을 만들어내는 Potential을 인공으로 부여하여 각각의 위치에서 발생하는 힘에 의해 자율 비행 하는 알고리즘
- 항공대학교에서는 Expectation-Maximization 알고리즘과 Gaussian Mixture Model을 이용하여 장애물의 위치를 확률 모델에 근거하여 추정하며 충돌을 회피하는 연구를 진행하였음
- 중국에서는 Potential Field 알고리즘이 가지고 있는 한계점 중 하나인 Local Minimum 문제를 개선하기 위한 연구를 진행하였음
- 오른쪽의 그림과 같이 Local Minimum이 발생하면, 임의의 Target을 만들어내서 Local Minimum에서 벗어날 수 있도록 보완한 알고리즘



Artificial Potential Field 알고리즘 (항공대)



Local Minimum이 개선된 APF 알고리즘 (중국)

자율 비행 기술 개발 동향

■ 학습 기반 자율 비행 기술 연구 사례

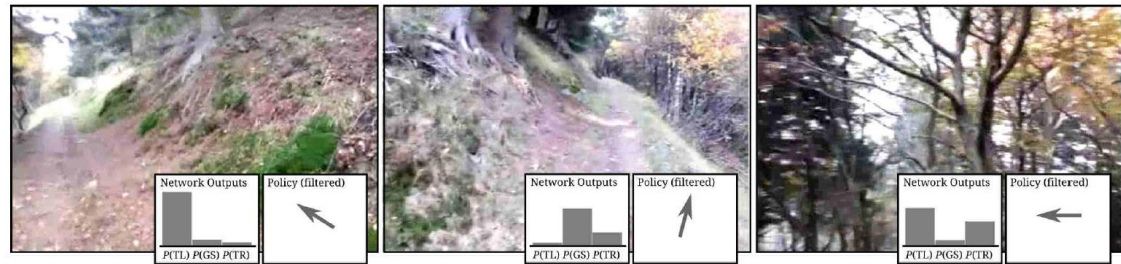
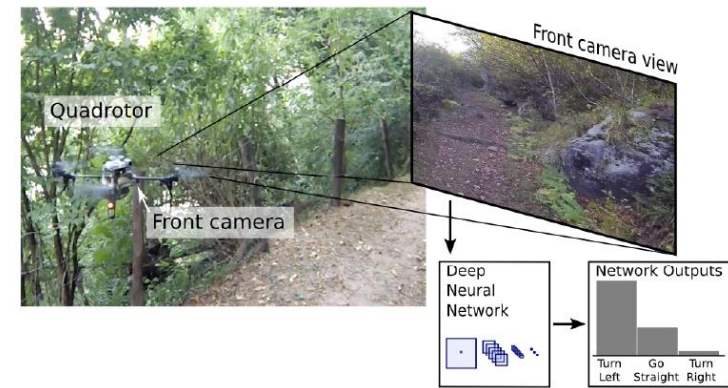
	기술내용	연구기관	국가
국내	➢ 실내 복도 환경에서 학습된 Convolutional Neural Network를 이용하여 자율 비행하는 알고리즘 ➢ 전면 카메라로 얻은 이미지를 바탕으로 방향을 조절함	군산대학교 [2019]	한국
	➢ Convolutional Neural Network를 이용하여 마커를 따라 비행하는 알고리즘	KAIST [2018]	한국
	➢ Reinforcement Learning을 이용하여 알려진 환경에서 경로를 생성하는 알고리즘	연세대학교 [2017]	한국
해외	➢ 숲 속에서 다양한 이미지를 통해 학습된 Convolutional Neural Network를 이용하여 숲길을 따라 비행하는 알고리즘	IDSIA, University of Zurich [2015]	스위스
	➢ 실내 복도 환경에서 학습된 Convolutional Neural Network를 이용하여 자율 비행하는 알고리즘	NIT Rourkela [2018]	인도
	➢ Deep Reinforcement Learning을 이용하여 마커를 따라 비행하는 알고리즘 ➢ 가상환경에서의 특정한 마커를 따라 비행하는 시뮬레이션을 진행함	Gebze Technical University [2020]	터키

자율 비행 기술 개발 동향

■ 학습 기반 자율 비행 기술 연구 사례

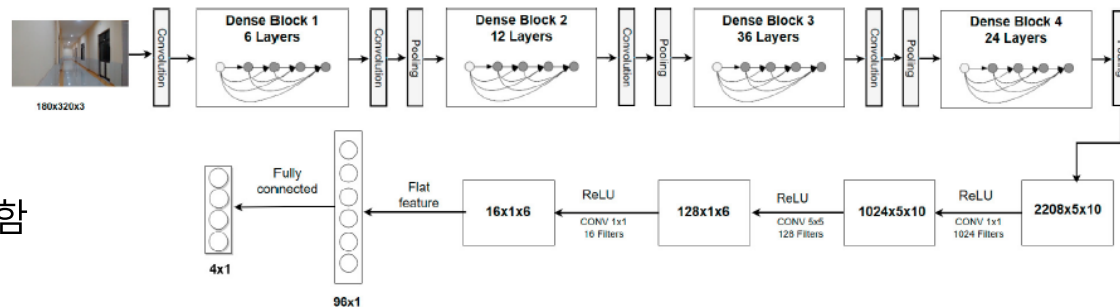
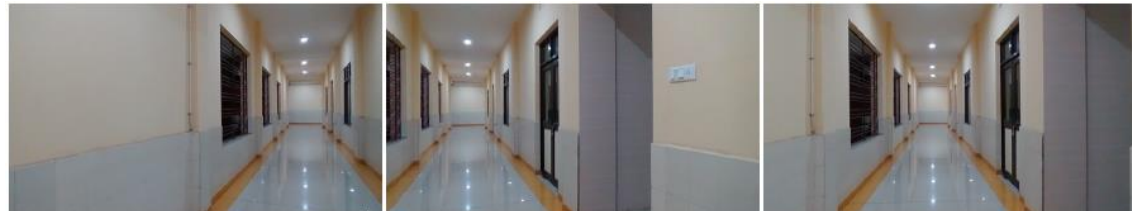
■ CNN 기반 자율 비행 알고리즘

- 숲 속에서 학습된 Convolutional Neural Network를 이용하여 숲길을 따라 비행하는 알고리즘
- 각각의 이미지에서 세 가지 결과 중 하나를 얻어 방향을 바꾸어 가며 숲길을 따라 비행



숲 속 환경에서 자율 비행 알고리즘 (스위스)

- 실내 복도환경에서 학습된 Convolutional Neural Network를 이용하여 비행하는 알고리즘
- 숲길 추적 알고리즘과 유사하게 세 가지 결과 중 하나를 얻어 방향을 바꾸어 가며 진행



- 복도 끝에 도착하면 착륙하도록 함

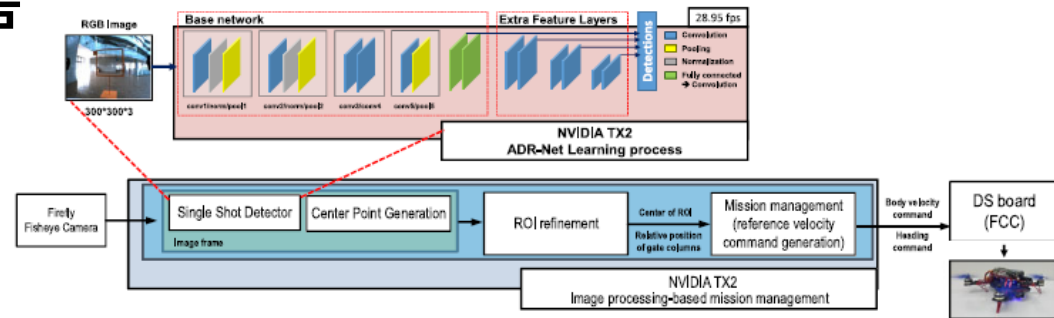
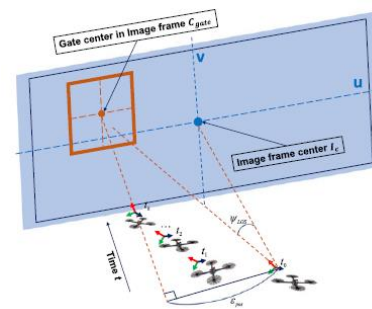
복도 환경에서 자율 비행 알고리즘(인도)

자율 비행 기술 개발 동향

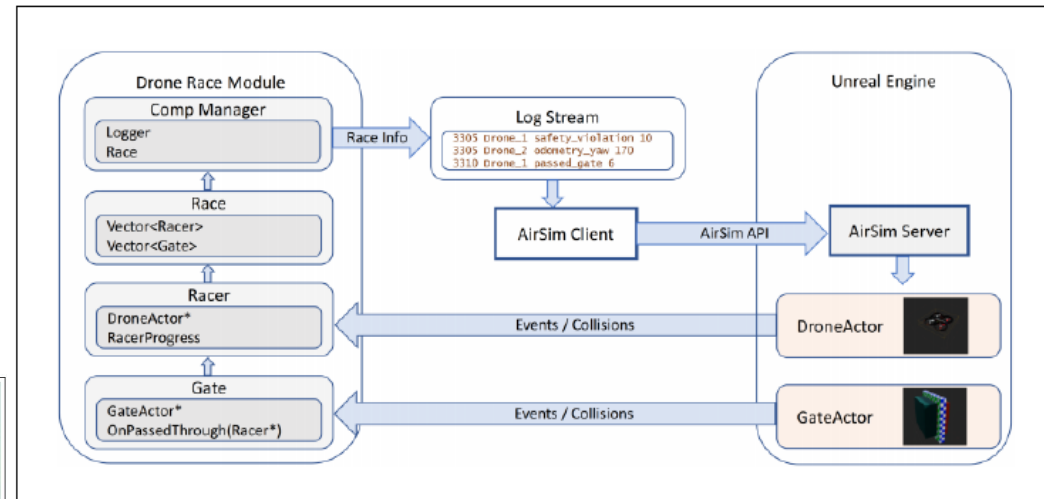
■ 학습 기반 자율 비행 기술 연구 사례

■ 마커 기반 자율 비행 알고리즘

- KAIST에서는 Convolutional Neural Network를 이용하여 마커를 따라 자율 비행하는 알고리즘을 연구
- 전방 카메라 이미지에서 인식된 마커로부터 비행을 유도하여 자율 비행을 진행함
- 터키에서는 Deep Reinforcement Learning을 이용하여 마커를 따라 자율 비행하는 알고리즘을 연구
- 마커에 근접 할 수록 보상을 얻고, 마커를 통과할 때 가장 큰 보상을 얻으며, 충돌이 발생했을 때는 페널티를 얻음



마커 기반 자율 비행 알고리즘 (KAIST)



마커 기반 자율 비행 알고리즘 (터키)

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

- 포텐셜 필드 기반 자율 비행 기술
- 3D A* 기반 자율 비행 기술
- 딥러닝 기반 자율 비행 기술

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

KAU SPACL 멀티콥터 관련 연구 내역

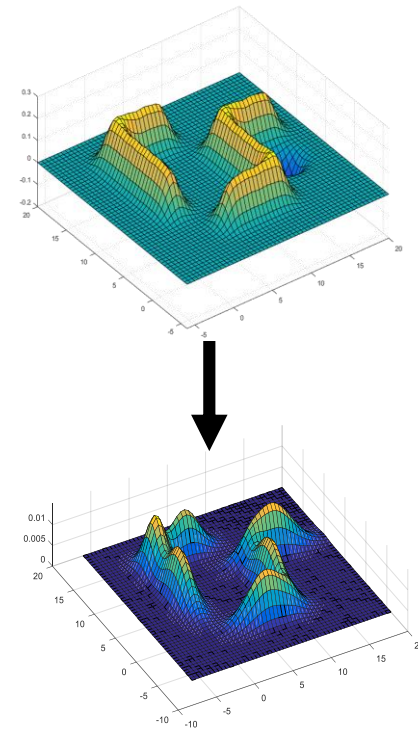
- 소형 무인항공기의 협동관측에 의한 생존성 향상에 대한 연구
(2012.03.01 – 2017.12.15, 국방과학연구소)
- 회전익 무인기 장애물 인식 및 충돌 회피 연구
(2016.03.01 – 2018.12.31, 한국항공우주연구원)
- 멀티콥터형 소형무인기 고장·오작동 예측/진단 및 제어기 재구성 기술 개발
(2016.08.01 – 2019.09.30, 한국항공우주연구원)
- 산업용 무인비행장치 전문인력 양성사업 (장애물 탐지 및 충돌회피)
(2019.03.01 – 2022.02.28, 한국드론산업진흥협회)
- 소형드론 식별모듈과 FCC간 인터페이스 연구
(2019.07.01 – 2019.11.30, 한국전자통신연구원)
- 가상비행환경을 이용한 ADP/DL 기반 자율비행 멀티콥터 핵심기술개발
(2019.07.01 – 2020.12.31, 정보통신기획평가원)

■ 포텐셜 필드 기반 자율 비행 기술

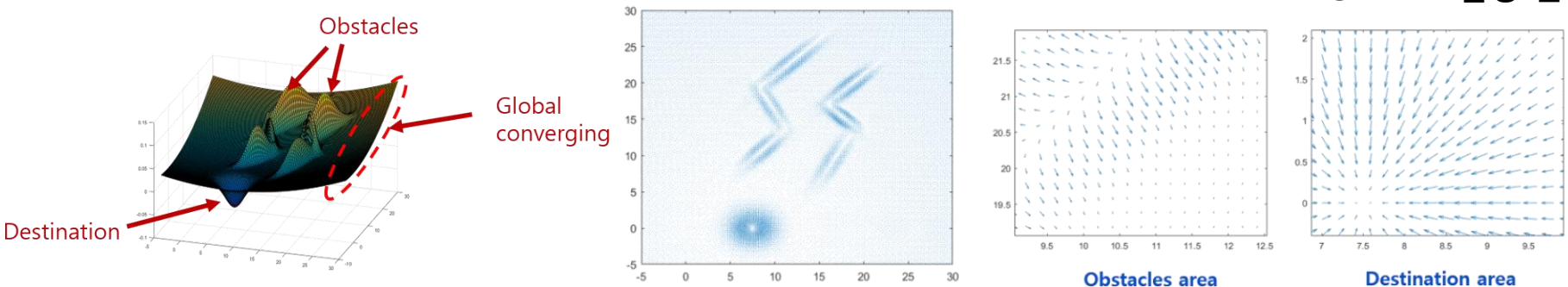
■ 인공 포텐셜 필드

- 장애물에는 척력 포텐셜을, 목적지에는 인력 포텐셜을 인공적으로 부여
- 장애물 추정에는 Gaussian Mixture Model과 Expectation-Maximization 알고리즘을 이용
- 수렴성을 증가시키기 위해 전역에 걸쳐 목적지로 향하도록 하는 포텐셜을 부여
- 최종적인 포텐셜 필드는 다음과 같음 : $p_{total}(x|\theta) = p_{obs}(x|\theta_o) + p_{des}(x|\theta_d) + f(x|\mu_d)$
- 포텐셜 필드 함수를 위치벡터로 편미분하여 얻은 포텐셜 벡터로 자율 비행을 수행

$$\frac{\partial p_{total}(x|\theta)}{\partial x} = -(x - \mu)\Sigma^{-1}p_{obs}(x|\theta_o) + (x - \mu)\Sigma_d^{-1}p_{des}(x|\theta_d) + f'(x|\mu_d)$$



GMM 모델링 결과



생성된 포텐셜 필드

포텐셜 필드에 의한 포텐셜 벡터

관련 논문 : 목지현, "가우시안 혼합 모델을 이용한 포텐셜 필드 기반 무인기 충돌회피," 국내석사학위논문 한국항공대학교 일반대학원, 경기도, 2018.

Jihyun Mok, et al, "Gaussian-mixture based potential field approach for UAV collision avoidance," SICE 2017, Kanazawa, 2017

목지현, et al, "재귀적 실시간 가우시안 혼합 생성을 이용한 포텐셜 필드 기반 무인기 충돌회피," 한국항공우주학회 2017년도 추계학술대회, 제주, 2017

목지현, et al, "포텐셜 필드 내 다수의 이동경로점 정보를 이용한 무인기 충돌회피," 한국항공우주학회 2018년도 춘계학술대회, 설악, 2018

Jihyun Mok, et al, "Autonomous rerouting flight path planning using Gaussian-mixture-based artificial potential field method" EIWAC 2019, Tokyo 2019.

Seungchan Shin, Sangho ko, "Path planning and collision avoidance for UAVs using 3D A* algorithm and artificial potential field technique," 2019 APISAT, Gold Coast, 2019.

Dinh Due Vo, et al, "Incorporation of CUSUM algorithm into variable Gaussian-Mixture Model based Potential Field for collision avoidance,"

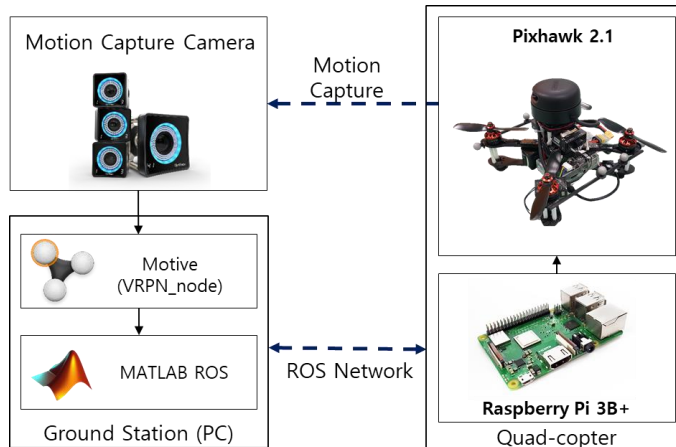
한국항공우주학회 2020년도 춘계학술대회, 고성, 2020

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

■ 포텐셜 필드 기반 자율 비행 기술

■ 실내 비행 시험

- Case 1 : 고정+이동 장애물 상황
- Case 2 : 빠른 이동 장애물 상황

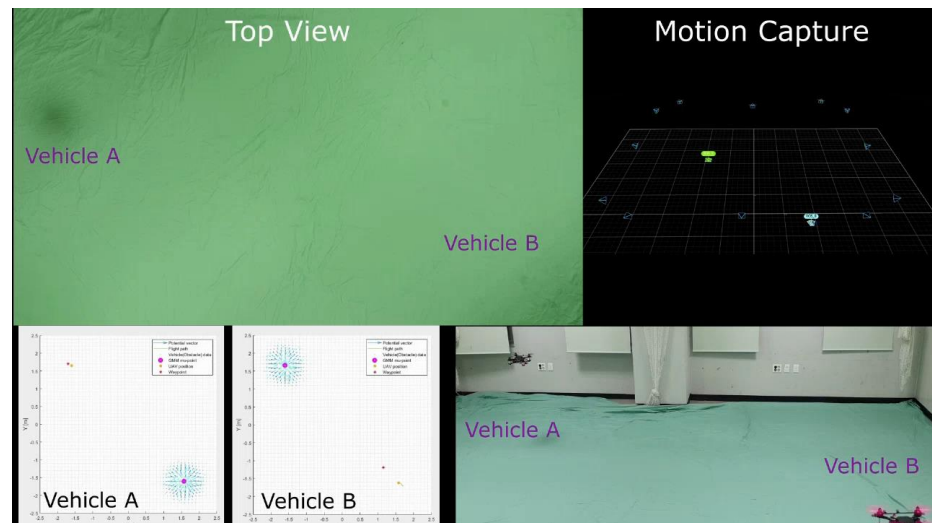


Components	Device
2D LiDAR	RPLIDAR A2
Quad-Copter Frame	GEP-ZX6 225mm
ESC	Spider Pro 18A Opto
Motor	Xnova 2204-2300KV
Prop. Size	5.0 x 4.5
Battery	4S 2200mAh
Weight	1020g

비행시험에 사용된 멀티콥터



Case 1

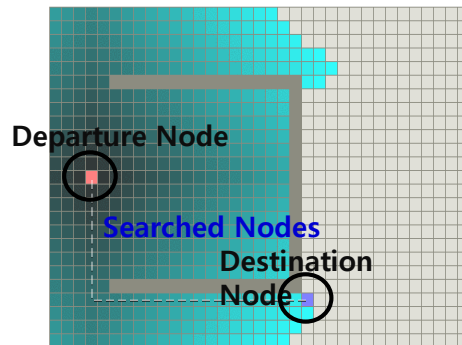


Case 2

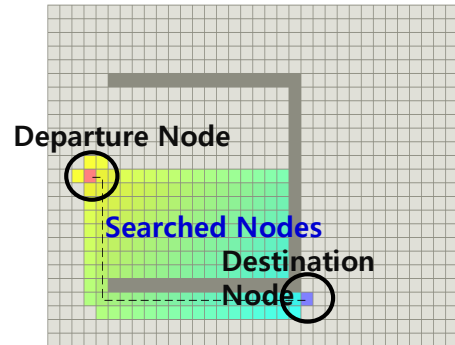
KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

3D A* 기반 자율 비행 기술

- A* 알고리즘은 최단 경로를 찾아내는 그래프/트리 탐색 알고리즘인 Dijkstra 알고리즘에서 탐색 노드를 줄여 계산 시간을 개선한 알고리즘

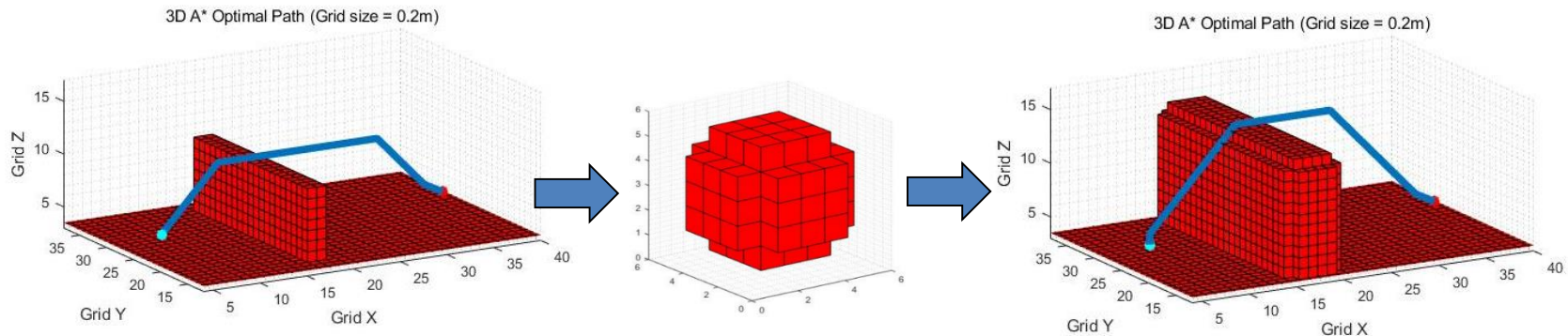


Dijkstra를 이용한 경로계획



A*를 이용한 경로계획

- 기체의 크기를 고려하기 위해 Scattering을 진행



Default 조건의 최적경로

장애물 Scattering 범위

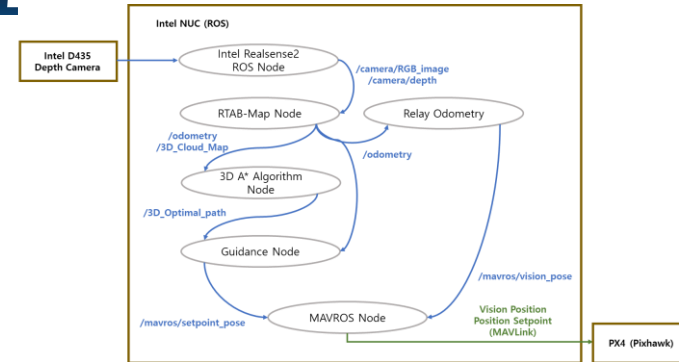
Scattering 조건의 최적경로

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

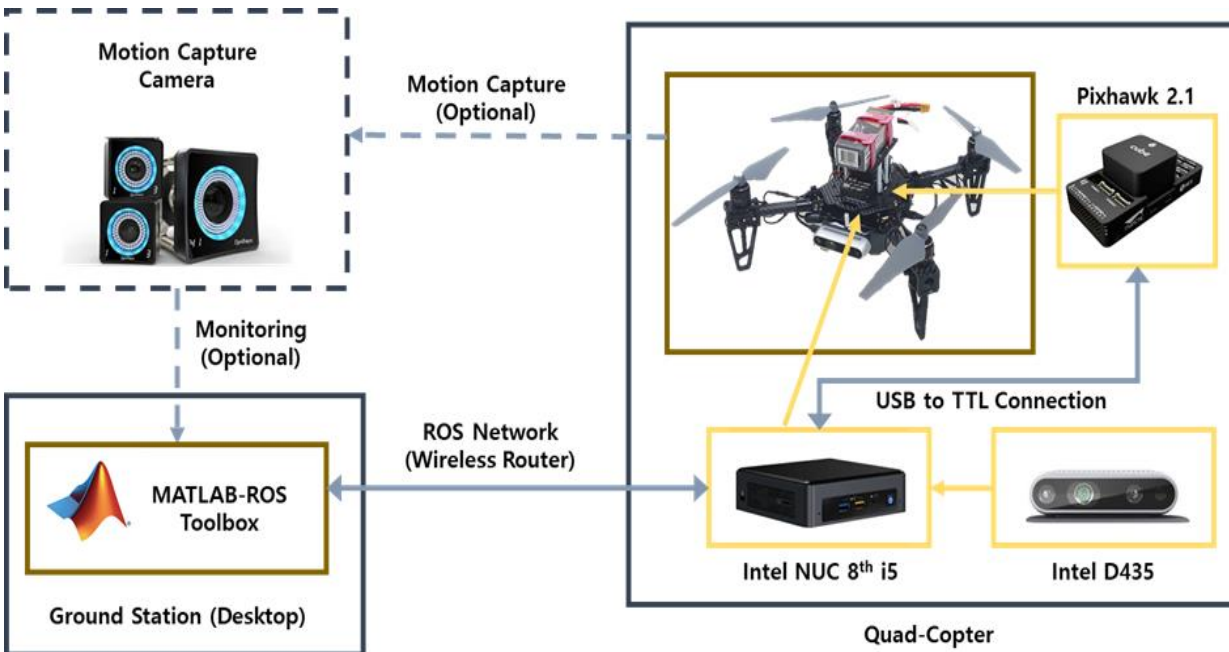
3D A* 기반 자율 비행 기술

실내 비행 시험을 위한 시스템 구성

- PX4와 ROS를 이용하여 시스템 구성
- MATLAB-ROS Toolbox를 이용하여 Onboard 시스템 구현
- 무선 공유기와 ROS 네트워크를 통한 원격 제어



Components	Device
FCC	Pixhawk 2.1 (PX4 Firmware)
Companion Computer (Mission Computer)	Intel NUC 8th i5 (Ubuntu 18.04, ROS Melodic)
Depth Camera (RGB-D Camera)	Intel D435
Quad-Copter Frame	E350 Pro
ESC	Tmotor AIR 20A
Motor	Tmotor AIR2213 920KV
Prop	Tmotor T9545
Battery	4S 5200mAh 45C
Weight	2022g



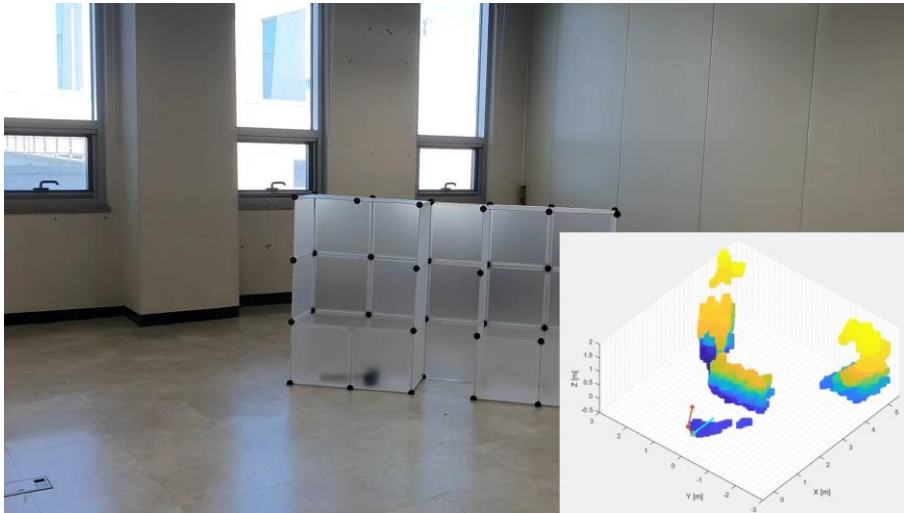
KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

3D A* 기반 자율 비행 기술

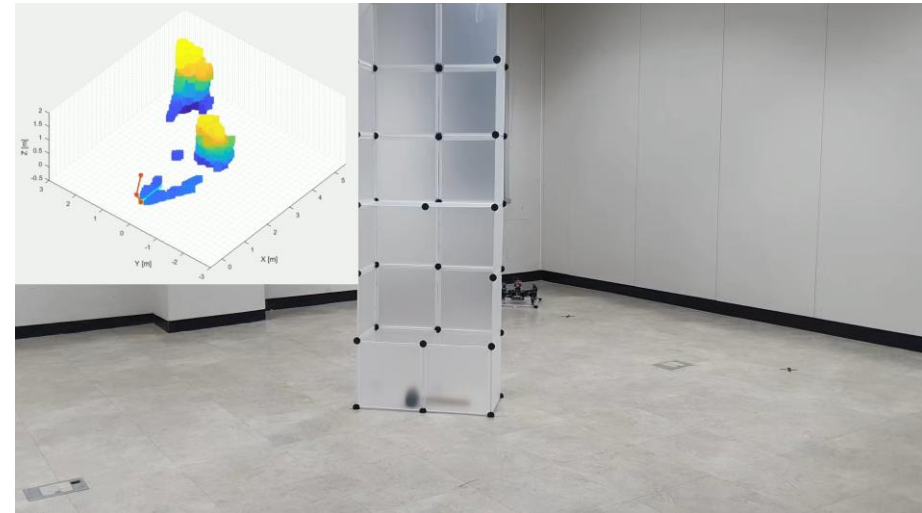
실내 비행 시험 결과



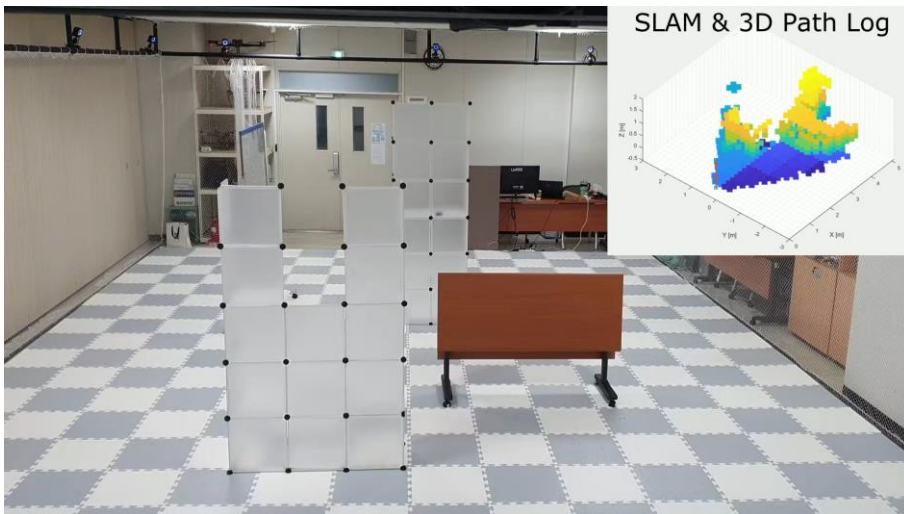
Depth Camera 1대 사용



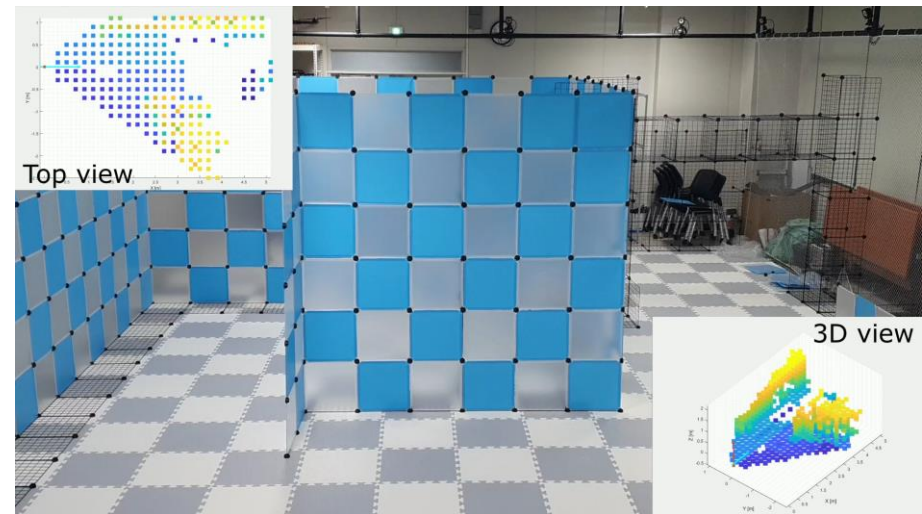
Case 1



Case 2



Case 3



Case 4

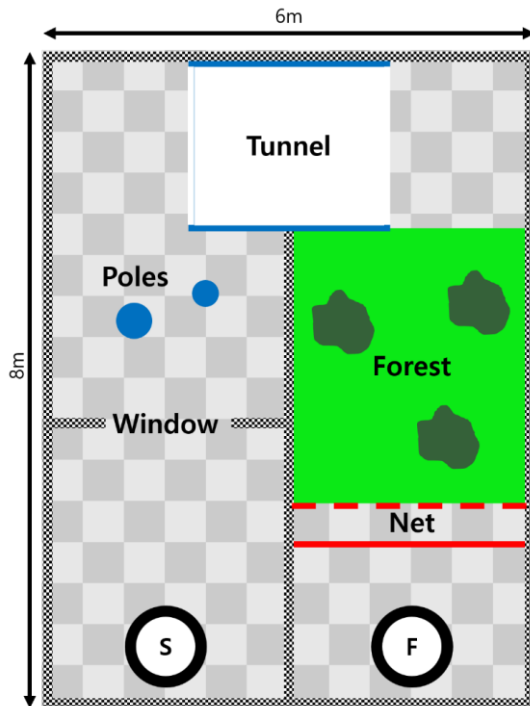
KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

3D A* 기반 자율 비행 기술

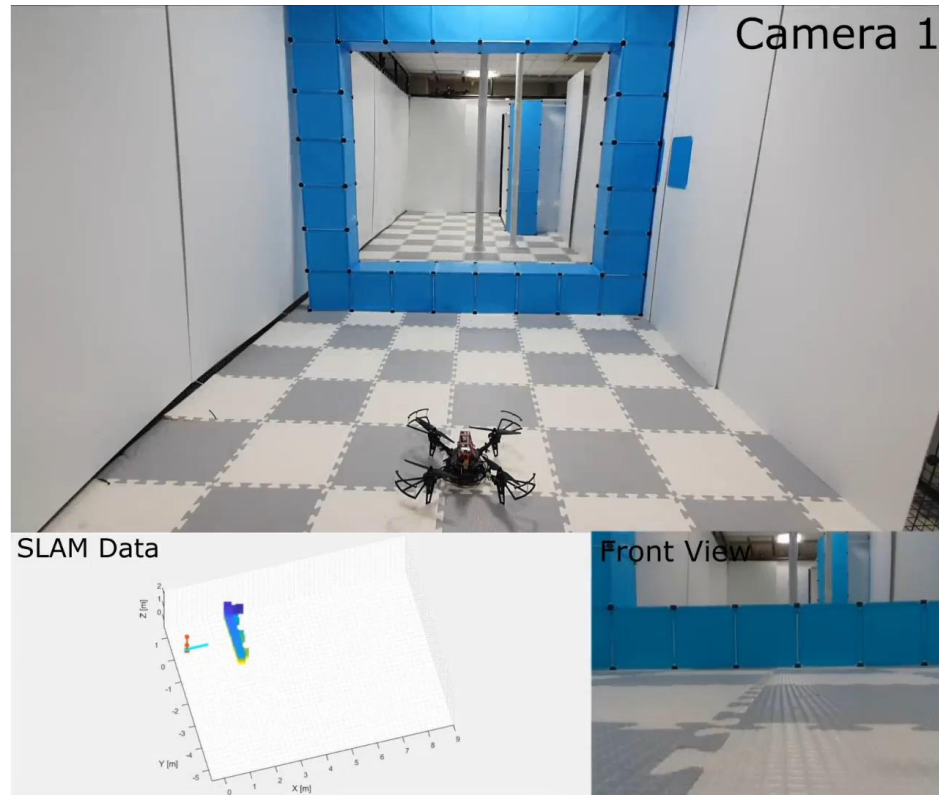
실내 비행 시험 결과 (비행세트장 Case)



Depth Camera 1대 사용



Case 5 환경



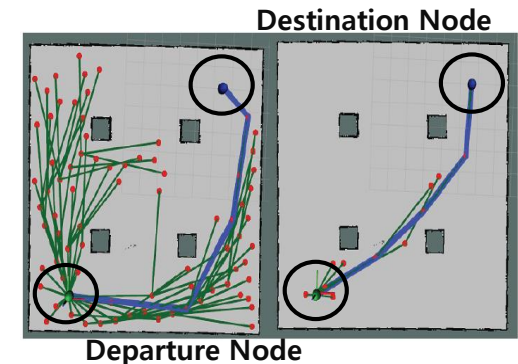
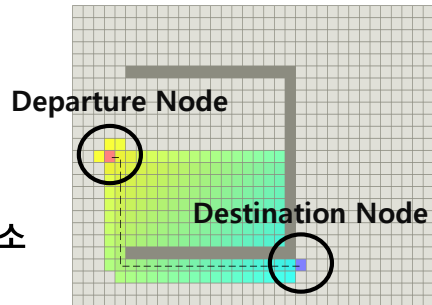
Case 5

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

■ 딥러닝 기반 자율 비행 기술

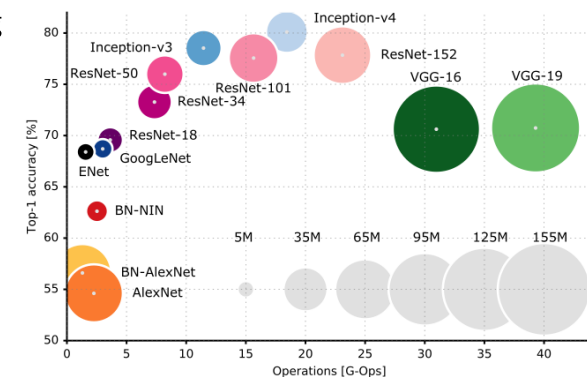
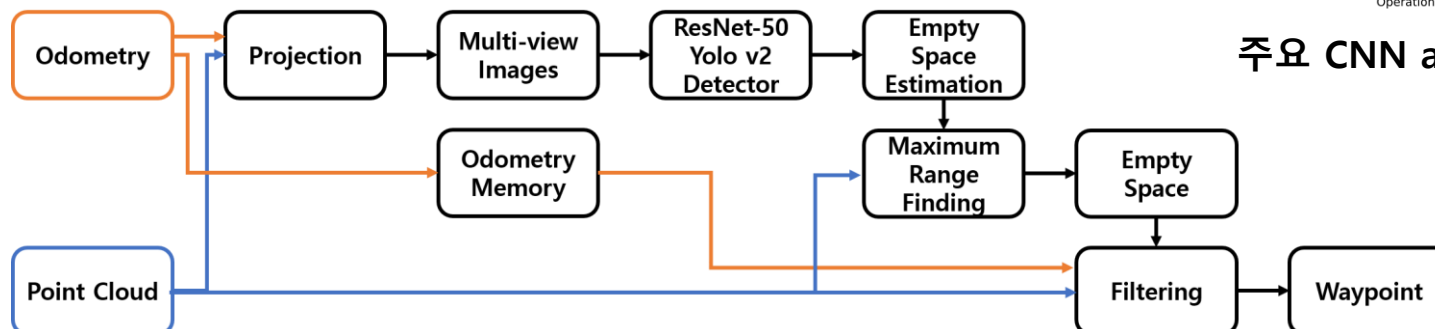
■ 기존의 경로 생성 알고리즘

- A*, RRT 등 경로 생성 알고리즘의 경우
현재 위치에서 목적지까지의 경로를
생성하므로 목적지 설정을 위해 인적 요소
개입이 필요함



■ 경로점 생성 알고리즘

- 빈 공간을 유무를 판단하기 위해 우선 Point Cloud를 Projection하여 Detecting
- Detector는 주요 CNN architecture 중 하나인 ResNet-50을 기반으로 하는
사전 학습된 Yolo v2 Detector를 사용 (150개 Layer)
- 빈 공간이 있으면 Point Cloud 에서 관련 있는 Point 중 가장 먼 Point를 탐색
- Detecting Result와 가장 먼 Point의 좌표를 조합하여 빈 공간의 좌표 계산
- Filtering을 거쳐 Waypoint를 생성



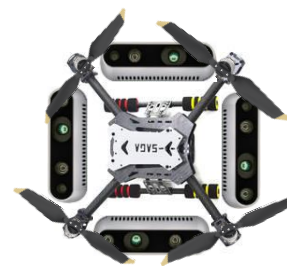
주요 CNN architecture

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

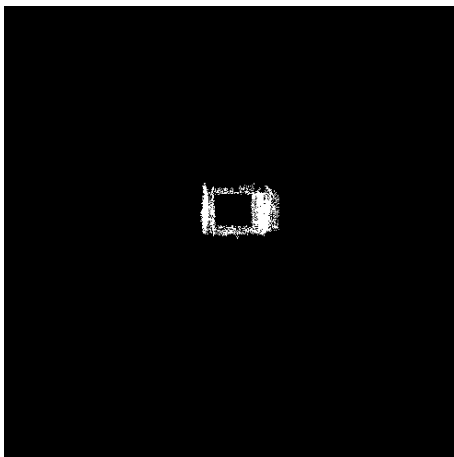
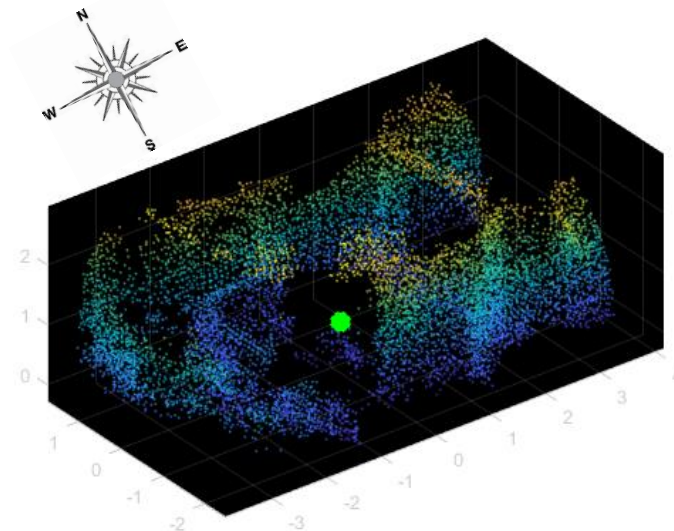
■ 딥러닝 기반 자율 비행 기술

■ 2 차원 Multi-view 이미지 변환

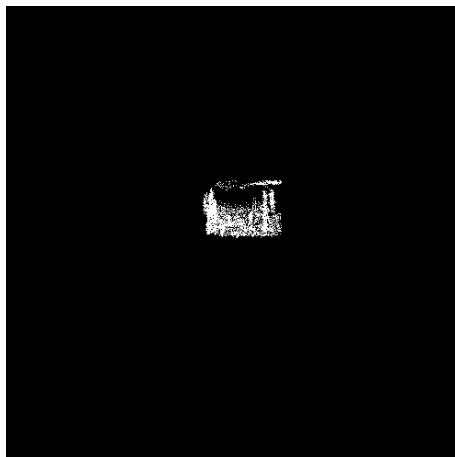
- CNN 기반 딥러닝 네트워크 적용을 용이하게 하기 위해 Point Cloud Data를 2 차원 이미지로 변환
- Point Cloud Data를 멀티콥터의 현재 위치를 기반으로 동서남북 네 방향으로 Projection하여 Multi-view 이미지로 변환
- Projection된 Multi-view 이미지에서는 사전 학습된 Network를 이용하여 해당 방향에 빈 공간 유무를 판단
- 주변 정보를 모두 받아야 하므로 3D LiDAR 또는 4대의 Depth Camera를 이용하는 등 사방의 정보를 동시에 얻을 수 있어야 함



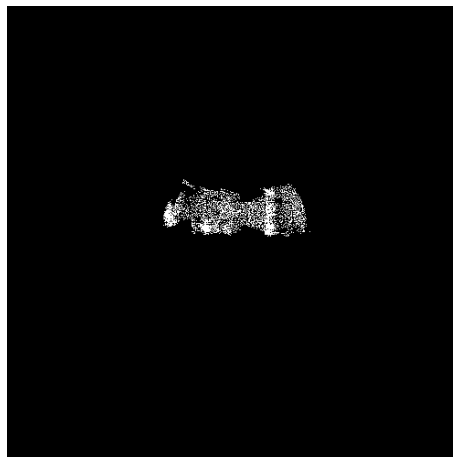
Depth Camera 4대 사용



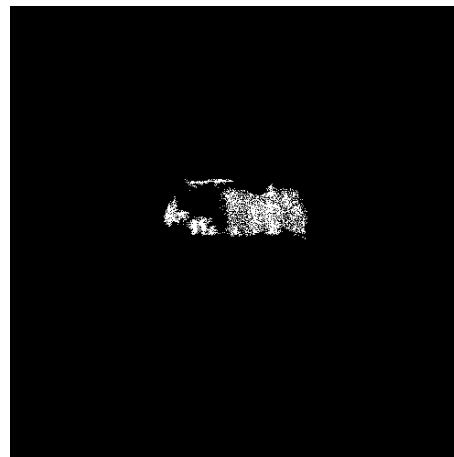
East



West



North

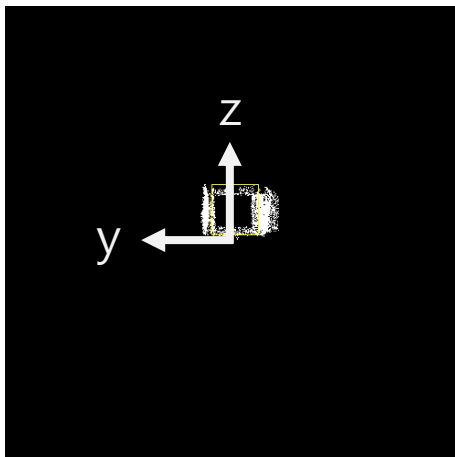


South

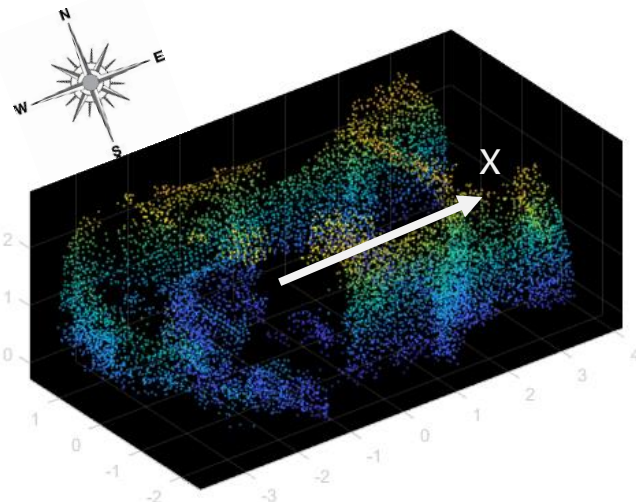
■ 딥러닝 기반 자율 비행 기술

■ 빈 공간 검출 결과를 이용한 3 차원 공간 좌표 변환 과정

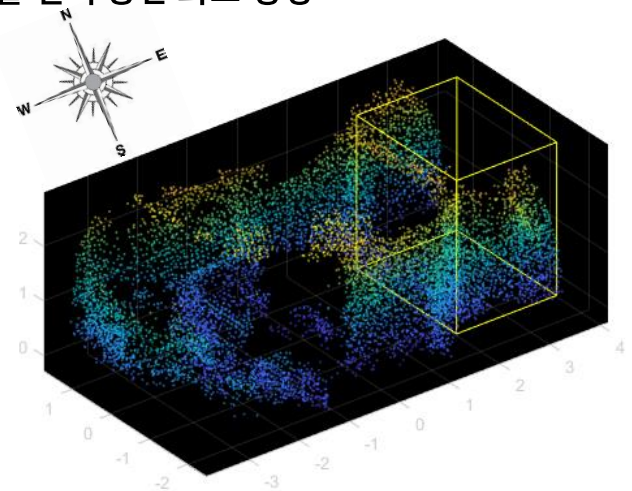
- 이미지에서 검출되는 빈 공간 정보는 Projection 된 이미지에서 얻음
- Projection 된 이미지에서 얻은 결과는 Projection 과정에서 해당 방향으로의 거리 정보가 사라져 빈 공간의 유무만 판단할 수 있음
- 정확한 빈 공간의 위치를 구하기 위해 우선 픽셀 좌표를 바탕으로 검출된 빈 공간의 중심점 좌표 중 Projection 하지 않은 두 축 방향(아래 그림에서 y, z)의 좌표를 환산
- Projection 된 이미지에서 빈 공간이 검출되었다면 현재 Point Cloud에는 해당 방향으로 가장 먼 곳 까지 검출 된 곳에 장애물이 없음
- 따라서 Point Cloud Data에서 Projection 방향으로 가장 거리가 먼 Point를 얻어 공간 좌표 생성



East Image



Point Cloud



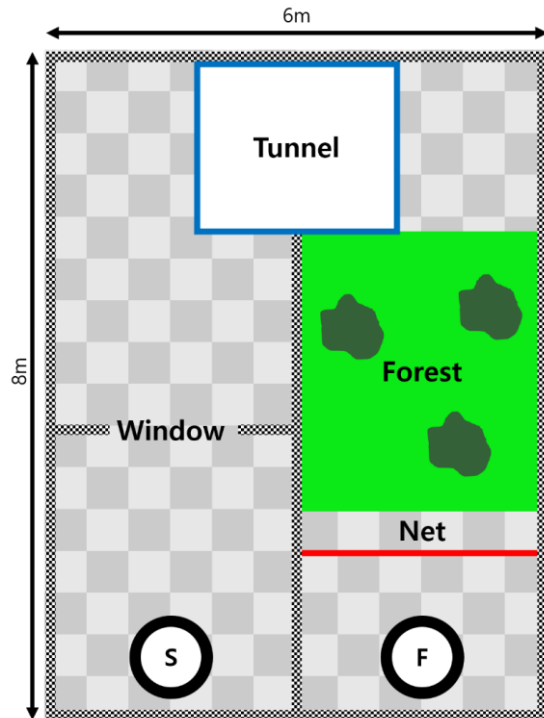
Empty Space Detection

KAU SPACL 자율 비행 기술 연구

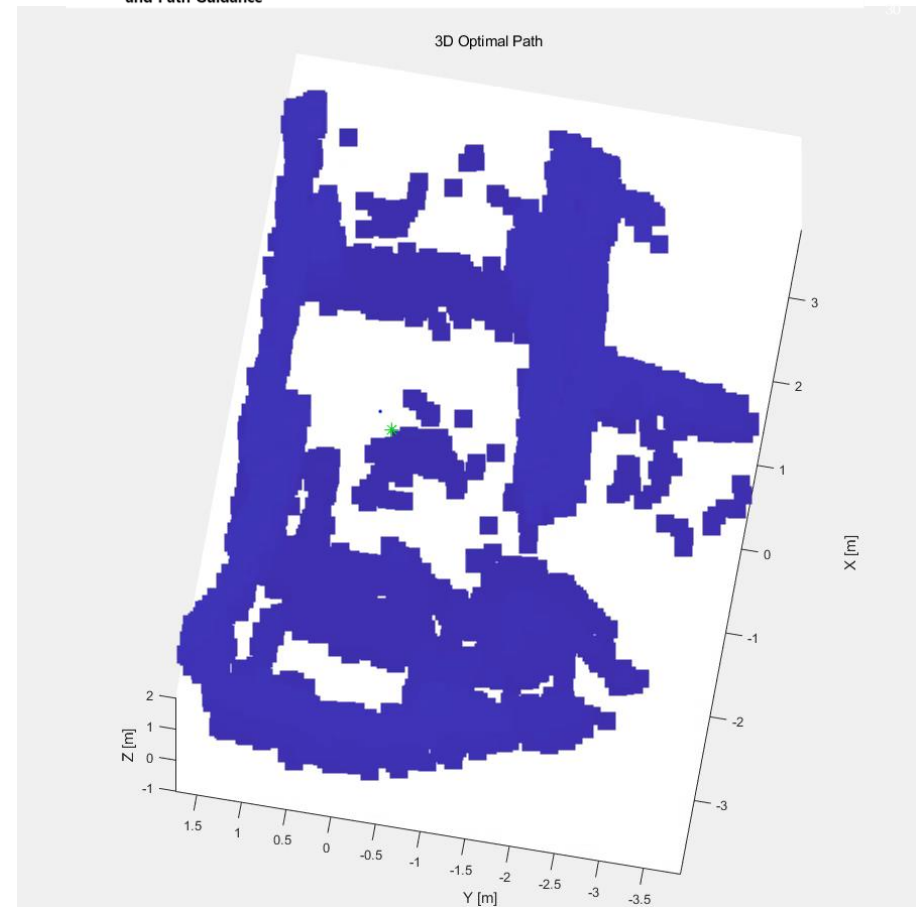
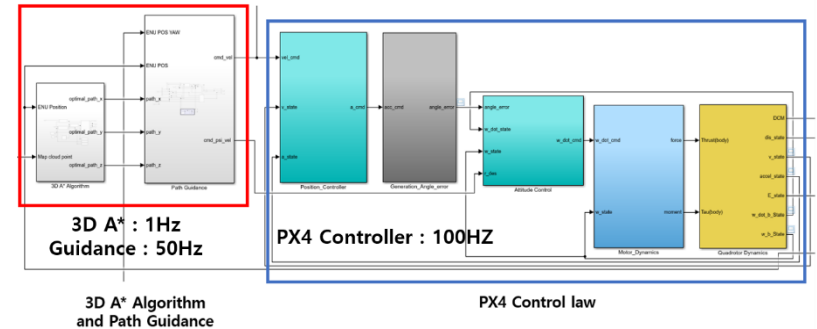
■ 딥러닝 기반 자율 비행 기술

■ 통합 Simulation 결과

- 3D A* Simulation에 경로점 생성 알고리즘을 추가하여 Simulation을 구축
- 기존의 Simulation은 입력된 경로점을 이용하여 비행한 반면, 새로 구축한 Simulation은 1m 상승 후, 딥러닝 기반으로 생성되는 경로점을 따라 비행



Case 1 Simulation 환경



Case 1 Simulation 결과

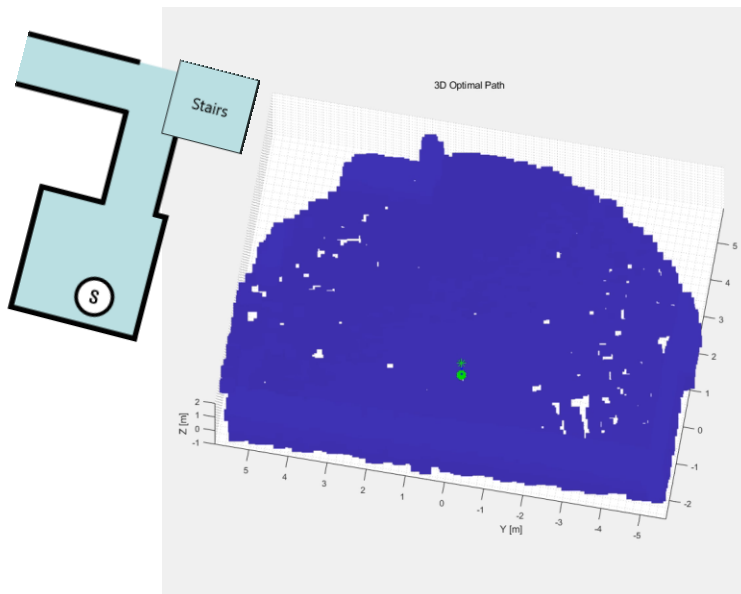
■ 딥러닝 기반 자율 비행 기술

■ 통합 Simulation 결과

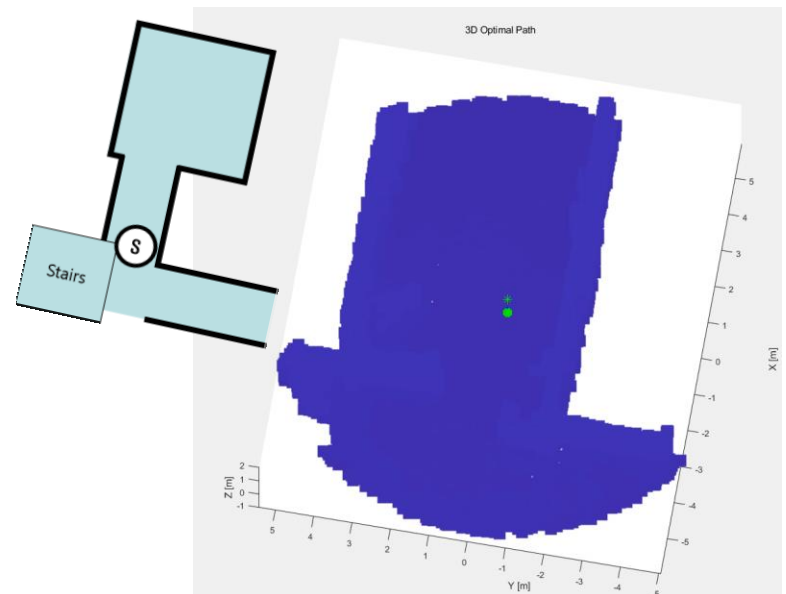
- 다른 환경에서 시작점을 바꾸어 가며 Simulation을 진행
- Case2 Simulation에서 이미 탐색한 지역에 경로점이 다시 생성되어 재 탐색 하는 상황 발생
- Case2와 Case3에서 계단 지역을 자세히 탐색하지 않는 문제 발생

■ 향후 계획

- 자세한 탐색이 가능하도록 하면서 기 탐색 지역을 재 탐색하지 않도록 알고리즘 보완
- 비행 환경을 알고 있을 때 생성되는 경로와 비교 분석 후 실 기체 비행시험 진행 예정



Case 2 Simulation 결과



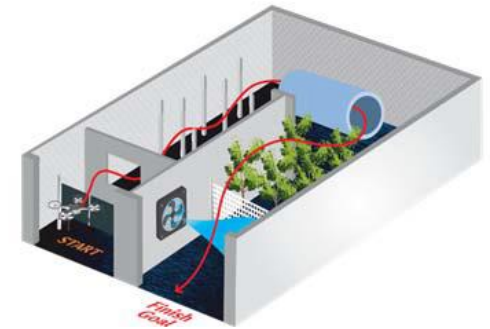
Case 3 Simulation 결과



■ 국내 드론관련 정부개발연구사업 소개

- 인공지능 R&D 그랜드 챌린지 대회
- 무인이동체 원천기술개발사업

국내 드론관련 정부개발연구사업 소개



2019인공지능 R&D 그랜드 챌린지 대회 - 트랙 4 장애물 구성도

인공지능 R&D 그랜드 챌린지 대회

대회 개요

- 드론을 활용하여 다양한 복합 재난에 대응할 수 있는 기본 인지지능 (상황인지, 문자인지, 청각인지) SW개발

트랙1: 상황인지 - 드론으로 촬영된 동영상의 내용을 이해하고 분석

트랙2: 문자인지 - 드론으로 촬영된 대규모 이미지에서 문자 제시하기

트랙3: 청각인지 - 드론으로 취득된 음성정보에서 구조요청 소리를 듣고 구분하기

트랙4: 제어지능 - 제시된 사양을 만족하는 드론을 활용하여 주어진 장애물 세트를 완전 자율비행으로 통과하기

성과

- 2019 인공지능 R&D 그랜드 챌린지 대회에서 트랙 4 부문 3위 수상

- 2차 대회 참가 자격 획득

당초 2020년 3월에 대회 진행 예정이었으나 코로나로 인해 2020.11.25 혹은 2020.11.26에 진행될 예정



과학기술정보통신부 주최 '2019 인공지능 그랜드 챌린지' 대회에서 제어지능 부문 3위를 수상한 한국항공대 DR, RonniRonni 팀.

한국항공대 고상호 교수 연구팀 '2019 인공지능 그랜드 챌린지' 3위 수상

국내 드론관련 정부개발연구사업 소개

■ 무인이동체 원천기술개발사업

■ 사업 개요 (사업목적)

차세대 무인이동체 시장을 선점할 수 있는 혁신적 원천기술 확보 및 기술경쟁력 제고

■ 공통원천기술개발

육·해·공 무인이동체에 직접 적용 가능한 공통부품기술과, 원천기술을 공유해 무인이동체별 전용부품을 개발하는 공통기반기술 개발

■ 통합운용 기술실증기 개발

새로운 무인이동체 시스템의 유효성을 입증하고, 운용시험을 통해 성능을 검증하며, 개발방법론 및 적용기술의 적절성 실증

- 이기종간 자율협력 구현 및 공통원천기술의 적용/실증 수행

■ 사업기간

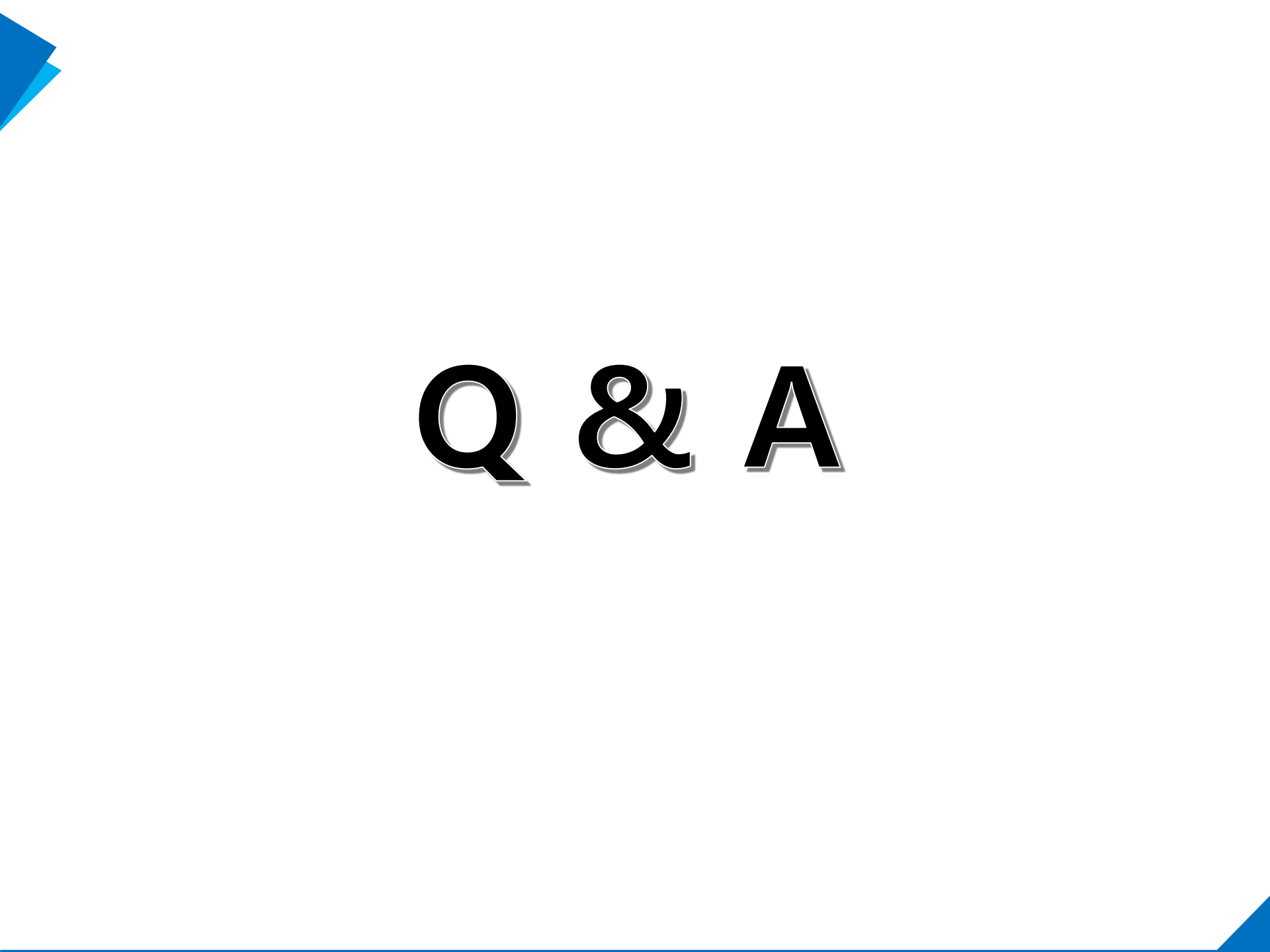
2020. 5. ~ 2027. 3. (7년)

※ 사업기간을 1단계('20 ~ '22년)와 2단계('23 ~ '27년)로 구분

국내 드론관련 정부개발연구사업 소개

■ 무인이동체 원천기술개발사업

	번호	연구주제명	'20~'27 정부출연금 (단위 억원)
공통 원천 기술 개발	1	탐지 및 인식 연구단 (항법기술)	110.7
	2	탐지 및 인식 연구단 (센서기술)	109.5
	3	통신 연구단	121.1
	4	자율지능 연구단	105.5
	5	이동수요 맞춤형 고출력 전기구동장치 개발	35.2
	6	인간이동체인터페이스 연구단	71.4
	7	자율지능 무인이동체 개발 프로세스 구축 기술 개발	47.1
	8	시스템H/W 연구단	116.8
통합 응용 실증 기 개발	9	육해공 자율협력형 무인이동체 개발 (자율협력연구단)	223
	10	육공분리합체형 배송용무인이동체개발(육공복합연구단)	122.4
	11	무인수상선-수중자율이동체 복합체계 개발(해양복합연구단)	357.7
합계			1,430.4



Q & A