

Advanced Navigation Technology Development Trend as an Unmanned Vehicle Core Technology

Hyo-Jeong Seok¹, In Seong Hwang¹, Wanggu Kang^{2†}

¹Technology Coordination & Management Team, Unmanned Vehicle Advanced Research Center, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

²Unmanned Vehicle Advanced Research Center, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), which were used for military purposes, are gradually expanding their application fields under the influence of electrification and digitalization. Starting from the field of aerial imaging and Intelligence Surveillance and Reconnaissance (ISR) mission, nowadays the possibility of Urban Air Mobility (UAM), which transports passengers and cargo with drones, is widely under discussion. In order to occupy the rapidly growing global unmanned aerial vehicle market in advance, it is necessary to secure core technologies and develop key UAVs components based on the new technologies. In the navigation field, it is necessary to secure a precise position with guaranteed reliability and continuity, unrelated to the operating environments. The reliability and continuity should be secured in the algorithm level and in the H/W component levels also. In order to achieve this technical goal, the Ministry of Science and ICT has launched the 'Unmanned Vehicle Core Technology Research and Development Program' in 2019 to support the R&D on the unmanned vehicle technologies. In this paper, authors introduce the unmanned vehicle core technology research and development program to the related researchers. The authors summarize the backgrounds of the program and show the technological tasks and objectives on the sub-programs in the unmanned vehicle navigation program. We present the program schedules especially focused on the test and evaluation of the developed technologies and components.

Keywords: unmanned vehicle, core technology, detection and recognition, demonstrator platform

1. 서론

전 세계적으로 무인이동체가 빠르게 확산되고 있다. 군용으로 사용되던 무인기는 민수에서 점점 다양한 분야에서 활용되기 시작하고 있다. 국내에서도 관련 산업이 빠르게 성장하고 있는 중이다. 과기정통부와 한국항공우주연구원이 매년 실시하는 산업실태조사에 따르면, 국내 무인이동체 산업은 2015년 538억 원에서 2020년 6,784억 원 규모로 성장했다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2021). 국내외에서 무인이동체 산업

의 빠른 성장에도 불구하고, 국내 관련산업은 핵심기술과 부품의 해외의존도가 매우 커, 향후 지속적인 성장에 가장 큰 장애요인으로 인식되고 있다. 한국항공우주연구원이 2019년에 조사한 결과에 따르면 국산 드론의 국산부품 활용률은 30.4%에 그치는 것으로 조사된다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019a). 국산 드론의 대부분 부품들은 중국산 제품들이 사용되고 있어, 미국-중국 간 무역분쟁이나 군사적 갈등이 심화될 경우에 부품 수급에 큰 영향을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 중국제품을 사용할 경우, 국내 드론의 활용 상황에 대한 데이터 등이 유출될 위험성이 커, 핵심부품의 국산화는 국내 무인이동체 산업의 지속적인 성장을 위해서는 꼭 필요하다. 무인이동체 항법장비에 대한 해외부품 의존도도 매우 큰 것으로 조사되고 있다. 핵심부품에 대한 해외의존도를 해소하기 위해서는 원천기술에 대한 확보가 필수적이다. 이를 위해 과학기술정보통신부에서는 2016년부터 3년간 '무인이동체 미래선도 핵심기술개발사업'을 통해 무인이동체의 필수기능들에 대한 핵심기술개발을 수행한 바 있다. 이

Received Nov 11, 2021 Revised Nov 22, 2021 Accepted Nov 23, 2021

†Corresponding Author

E-mail: wgkang@kari.re.kr

Tel: +82-42-860-2328 Fax: +82-42-860-2009

Hyo-Jeong Seok <https://orcid.org/0000-0002-0500-5404>

In Seong Hwang <https://orcid.org/0000-0003-2970-1161>

Wangu Kang <https://orcid.org/0000-0002-0534-4975>

후 보다 체계적인 연구를 위해 국내 산학연의 연구진들과 협력해 ‘무인이동체 기술 혁신과 성장 10개년 로드맵 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2018)’을 수립하였다. 수립된 기술개발 로드맵을 기반으로 기존의 연구주제와 연구내용을 대대적으로 확장한 ‘무인이동체 원천기술개발사업’을 2020년에 착수하였다 (Jung & Kang 2019).

무인이동체 항법분야에서는 지상 근처에서 주로 비행하는 무인항공기의 특성을 고려해, 기존 위성항법의 정확도를 향상시킬 필요가 있으며, 도심 등에서 발생 가능한 다양한 전파 불안정성을 극복할 필요가 있다. 최근에는 악의적인 위성항법신호에 대한 교란이나 해킹 등이 시도되고 있어, 외부교란에 강건한 위성항법 센서가 필수적이다. 수중이나 실내와 같이 위성항법이 불가능한 장소에서 적절한 새로운 개념의 항법기술도 확보되어야 하며, 최근 다양한 기술이 개발되고 있는 영상항법이나, 자기장 등의 새로운 신호원을 바탕으로 한 항법기술 등에 대한 기술적 시도가 필요하다.

본 논문에서는 우리나라 무인이동체 기술력 향상을 목표로 추진 중인 ‘무인이동체 원천기술개발사업’의 주요 구성 및 진행현황을 소개하고, 사업을 구성하는 주요 6대 분야 중 탐지 및 인식 분야, 그 중 항법기술 연구단의 기획 배경 및 세부과제 구성에 대하여 상세히 정리하였으며 연구 개발 결과가 무인이동체에 바로 적용될 수 있는 부품과 핵심기술로 연계될 수 있도록 성능을 검증하는 실증방안에 대해 제시하였다.

2. 무인이동체 기술개발 프로그램

2.1 무인이동체 미래선도 핵심기술개발

2016년 과기정통부는 민수드론을 중심으로 급속하게 성장이 예상되는 육·해·공 무인이동체 신시장을 선점하기 위하여 ‘무인이동체 미래선도 핵심기술개발사업’에 착수했다. 기존에 육상, 해양, 공중간에 개별적으로 이루어지던 기술개발의 비 효율성을 극복하기 위해 육·해·공 무인이동체에 호환 적용 가능한 공통기술을 항법, 통신, 운용 SW 등에서 통합적으로 확보하는 것이 사업의 주요 목표로 설정되었다 (Jung & Kang 2019).

항법분야에서는 주로 영상항법과 대체항법에 대한 연구가 진행되었다. 무인이동체의 충돌회피 성능을 향상하기 위해, 3차원 공간의 디지털 매핑을 통한 실시간 지형정보 확보를 목표로 초소형 3D 카메라와 LiDAR를 결합한 영상복합센서를 개발하고 이를 바탕으로 정밀도와 정확도의 향상을 위한 오차보정 알고리즘 개발 등이 개발되었다. 최종 목표는 장애물 거리감지 해상도를 3 cm에서 2 cm 이하로 낮추고 중량을 500 g 이하에서 구현하는 기술개발이 추진되었다. 소형무인기가 실내나 도심환경에서 안정적으로 비행하기 위해, 난통신 혹은 고밀도의 통신전파 환경 혹은 Global Navigation Satellite System (GNSS) 신호가 도달하지 않거나 미약한 환경에서 비행하기 위한 이중정보 융복합 정밀 측위 기술이 개발되었다. GNSS와 Inertial Navigation System (INS), 영상카메라, 라이다, 소나 등의 다양한 센서를 융복합해 정확한 위치정보를 추정하는 기술이 개발되었다. 소형드론에 탑재

하기 위해 가장 핵심이 되는 소형화, 경량화 그리고 저가화 등이 주요 기술개발 목표이며, 항법 기반 위치제어 정확도 5~10 m 이하와 전체 시스템 중량 1.5 kg 이하가 주요 핵심지표로 제시되었다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2016).

최종적으로 각 연구주제를 통해 개발된 H/W, S/W 등의 주요 성과가 무인이동체에 바로 적용될 수 있는 부품과 핵심기술로 연계될 수 있도록 모든 연구주제의 성과물이 최소 일종 이상의 무인이동체에 적용되어 성능이 입증될 수 있도록 실증 및 평가되었다. 이를 통해 연구성과의 육·해·공 무인이동체 상호운용성 및 확장성을 검증하고자 하였다.

2.2 무인이동체 원천기술개발사업

‘무인이동체원천기술개발사업’은 선행사업인 무인이동체 미래선도 핵심기술 개발사업의 성과를 기반으로 무인이동체 운용에 요구되는 핵심 필요기술을 발굴하여 2020년부터 7년간 총 예산 1,609억원(정부출연금 1,495억원) 규모로 무인이동체 공통원천기술과 통합운용 기술실증기 개발을 지원하는 사업으로 2021년도 현재 2차년도까지 진행되었다.

공통원천기술은 다양한 운용환경에서 임무를 수행하는 고성능 무인이동체 적용과 다수·이종 간 상호운용성을 확보하기 위해 육·해·공 무인이동체에 공통으로 적용할 수 있는 원천기술을 의미한다 (Jung & Kang 2019, Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b). 본 사업에서는 인간의 개입을 최소화하여 무인이동체를 운용하게 하는 핵심 기술을 6개 분야로 나누어 탐지 및 인식, 통신, 자율지능, 동력원 및 이동, 인간이동체 인터페이스, 시스템통합으로 구분하였다. 기획 중 각 분야에서 필요성과 시급성이 높고, 육·해·공 공통 적용성이 가능한 기술을 발굴하였고, 최종 과제로 상세기획 되었다 (Jung & Kang 2019).

통합운용 기술실증기는 고차원적 임무수행을 위해 육·해·공 복합환경 병용, 다수·이종 무인이동체 간 협력 등 통합운용이 가능한 무인이동체로서, 육·해·공 자율협력형, 육·공 분리합체형, 무인수상선-수중자율이동체 복합체계 과제로 구성하였다. 통합운용 기술실증기는 통신 인프라에 의존하지 않고 무인이동체 간 직접 통신을 통해 네트워크를 구성하고 운용자의 도움 없이 무인이동체 간 자율협력을 통해 주어진 임무를 수행할 수 있는 복합이동체 시스템의 구현을 목표로 하며 각각의 통합운용 기술실증기의 개념 및 시스템 구성은 Fig. 1과 같다. 이러한 기술실증기는 앞서 설명한 공통원천기술과제에서 개발된 기술을 적용하여 실증함으로써 사업의 세부 활동간 연계성 및 실효성을 확보하고자 하였다 (Jung & Kang 2019).

2.3 기술 연계성 강화를 위한 실증방안

무인이동체 원천기술개발 사업에서도 개발된 원천기술개발결과가 무인이동체 시스템에서 실증되는 것을 가장 큰 성과 목표로 선정하고 있다. 이를 위하여 공통원천기술 개발에서 산출된 결과물이 기술실증기와 연계 및 실증하기 위한 3가지 방안이 제시되

1 2021년 기준 예산 규모로, 정부 예산 사정 및 참여기업의 변경 등에 따라 변동될 수 있음

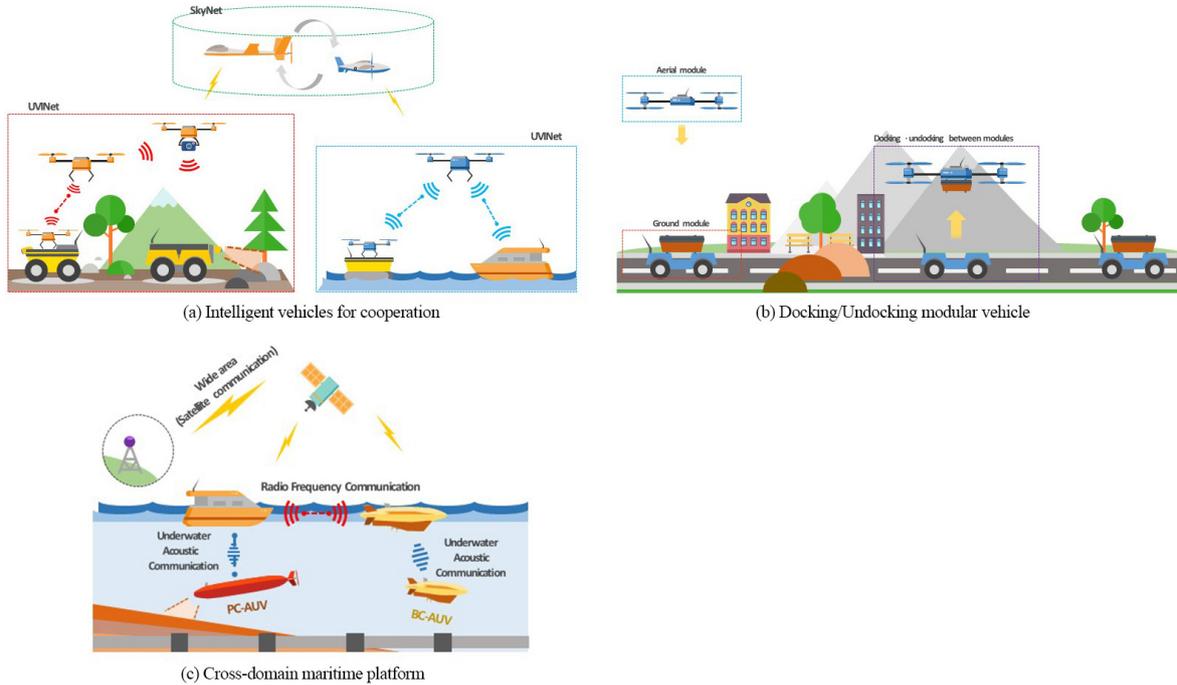


Fig. 1. Technology demonstrator development.

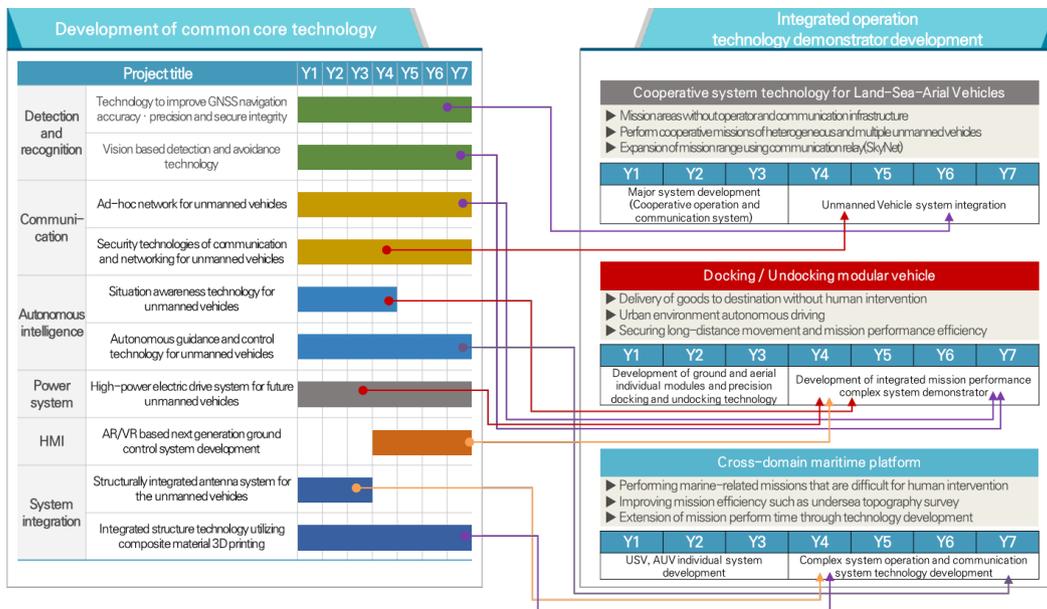


Fig. 2. Method to connect the core technology to demonstrator vehicle.

고 있다. 첫 번째 ‘체계적용’은 기술실증기 개발에 공통원천기술을 직접 적용하는 것으로 사업초기에 공통원천기술의 개발을 수행하고 이후 그 결과를 기술실증기 과제로 이관하여 적용하는 것이다. 두 번째 ‘기술실증’은 개발 완료된 기술실증기에 공통원천기술 개발 결과를 탑재해 실증하는 것으로 기술실증기 개발에는 개발시점에서 성능이 입증된 기술이나 부품을 우선 사용하고 이후 공통원천기술과제에서 개발된 기술이 구현된 H/W 또는 S/W를 장착해 유효성을 입증하는 것이다. 마지막 세 번째 ‘상호검증’

은 기술실증기의 데이터를 이용해 상호검증 하는 것으로 이는 H/W나 S/W 형태로 기술실증기에 직접 적용되지는 않으나 개발에 필요한 이동체 모델 및 성능데이터로 기술실증기를 사용하고 이후 기술실증기 시작품 설계 데이터 및 운용시험 결과를 바탕으로 공통원천기술의 유효성을 입증하는 것이다 (Jung & Kang 2019). 공통원천기술과 통합융용 기술실증기 과제 간의 연계·협력 방안 예시는 Fig. 2와 같다.

3. 무인이동체 항법기술 개발 내용

3.1 개요

무인이동체가 인간의 활동 영역을 대체하고 운전자 개입 없이 완전한 자율임무를 수행하기 위해서 무인이동체가 스스로의 위치를 정확히 인식하는 것은 가장 우선시되는 중요한 요소이다.

이를 위하여 항법분야에서는 기존 위성항법 시스템의 오차를 줄이고, 위치정밀도와 정확도를 향상시킬 필요가 있고, 또한 지형지물의 영향으로 다양한 환경에서 발생할 수 있는 전파 불안정성을 극복할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 위성항법시스템은 일상의 광범위한 영역에서 활용되고 있는 항법시스템으로써 이에 대한 악의적인 교란, 해킹 등이 쉽게 시도될 수 있음에 따라 관련 영향의 최소화를 위해서는 각종 외부 교란에 강건한 위성항법 센서가 필수적으로 필요하다. 신호 차폐의 이유로 수중이나 실내 환경에서는 위성항법시스템의 가용이 불가능하여 이를 대체할 수 있는 새로운 개념의 항법기술이 필요하다. 카메라, 3D Lidar 등의 주변환경 인식 센서와 레이더 등의 비광학 기반 탐지 센서 등을 복합적으로 활용하여 위성항법시스템 불능 상황에 대응할 수 있어야 할 것이다. 또한 영상항법 성능의 고도화, 또는 자기장 등의 새로운 신호원 개념을 도입한 다양한 기술적 시도도 필요하다.

이와 같은 요구도 및 기술개발의 필요성을 반영하여 무인이동체 육·해·공 및 실내의 환경에 관계없이 자율적으로 임무를 수행하는 데 필수적인 항법기술의 세부내용을 정의하였고, 이를 바탕으로 항법연구단의 세부과제를 구성하였다. 항법연구단 각 세부과제의 상세한 내용은 3.2-3.4절에 제시하였다.

3.2 위성항법 정밀도 향상 및 무결성 확보 기술 개발

첫 번째 세부과제 ‘위성항법 정밀도 향상 및 무결성 확보 기술 개발’은 개활지, 도심, 산간지역 등의 다양한 비가시권 운용환경에서의 무인이동체 자율이동을 위한 cm급 3차원 정확도를 가지는 무인이동체용 위치인식 기술 개발을 목표로 하며 이를 위해 4가지의 문제인식 및 기술개발 필요성을 도출하였다.

첫째로 cm급의 정확도 연구는 기존 Real Time Kinematic (RTK) 기반으로 진행된 바 있으나, 기준국 가용 범위에 따른 문제가 있어 원거리 임무수행에는 적용이 어렵다는 한계가 있고, 둘째로 최근 Global Positioning System (GPS) 외 Galileo, Global Navigation Satellite System (GLONASS), BeiDou Navigation Satellite System (BeiDou) 등 이종의 전역위성항법시스템 및 Quasi-Zenith Satellite System (QZSS), Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) 등의 지역 위성항법보강시스템 등 복잡하고 가용성이 확대된 GNSS 환경 구축이 진행됨에 따라 이를 활용한 항법 정밀도와 정확도 향상 기술 개발의 필요함을 제시하였다. 셋째로 현재 무인이동체 관련 산업의 수요와 발전이 증가하는 상황임에 따라 거주지 주변 도심지, 교외 인근 산간지역 등의 다양한 환경에서 강건하고 정확한 항법성능을 제공해야 되기 때문에 항법교란이나 항법단절에 대응하는 기술 개발이 필요하며, 마지막으로 향후 다수 무인이동체의 협업 임

무 수행 빈도가 증가할 것으로 예상됨에 따라 임무 수행의 완성도와 다수 이동체 간 사고방지를 위하여 다수 무인이동체의 정확한 상대 위치 측정이 필요하고 또한 이 때 개별 무인이동체 위치 정보에 대한 무결성이 확보되어야 함을 제시하였다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

첫 번째 세부과제는 앞서 서술한 기술 개발의 필요성을 반영하여 총 4개의 세부기술로 구성하였고, 각 세부기술의 기술 개요, 연구목표 및 세부기술 별 주요 R&D 내용은 아래에 서술하였다.

3.2.1 위성항법보강시스템 적용 무인이동체 항법 정확도 향상 기술

첫 번째 세부기술은 현재 활용되고 있는 측위시스템 및 기술의 특성과 장단점 분석하여 무인이동체 별 요구성능에 적합한 기술을 적용하고, 다양한 측위 기술의 장점을 융합하여 구축되어 있는 국내 인프라를 활용하여 한반도 전역에서 cm급의 위치 정확도와 신뢰성을 확보할 수 있는 초정밀 광역보강시스템 설계 기술의 개발을 목표로 한다.

현재 국내에서 주로 활용되고 있는 측위시스템 및 기술은 3가지로 정리할 수 있다. 먼저 위성항법보강시스템인 의사거리 기반 Satellite Based Augmentation System (SBAS)는 m급 정확도는 제공하나 보다 정밀한 정확도를 요구하는 무인이동체 적용에는 부적합하며, 이중차분 반송파 기반 Network Real Time Kinematics (Network RTK)는 cm급 위치 정확도 제공이 가능하지만 기준국의 운용 범위가 좁고 이로 인한 신뢰성 확보가 어려운 한계를 가지고 있다. 마지막으로 상태공간 반송파 기반 Precise Point Positioning-RTK (PPP-RTK)는 dm ~ cm급 위치 정확도의 보장이 가능하지만, 보정정보 생성 기술이 국외 인프라에 상당부분 의존하고 있다.

각각의 측위기술 별 한계점을 바탕으로 무인이동체 종류나 운용환경에 따라 요구되는 항법성능을 만족할 수 있는 기술을 발굴하고, 동시에 신뢰성까지 함께 확보할 수 있는 기술을 최종 개발하도록 한다.

세부적인 연구내용으로는 보강시스템 미 구축 GNSS의 보정정보 생성연구, 코드/반송파 측정치 기반 보강시스템 결합 항법정확도 향상 기술 연구, 항법 정확도 향상을 위한 보강시스템 활용 및 구축 전략 도출, 무인이동체용 위성항법보강시스템 적용 항법 솔루션 개발을 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.2.2 다중 GNSS 신호의 분할 및 결합을 통한 항법해 성능향상 기술

두 번째 세부기술은 GNSS 위성 별 측위 알고리즘이 가지는 고유한 특성을 분석하여 다중 위성군 복합 측위 시스템을 개발하고, 개활지, 도심지, 해상환경 등의 다양한 운용환경에서 시스템의 성능 예측, 위성 고장 등의 특이상황을 고려한 위성 측정치 선별 기법 개발 및 위치정확도 성능 향상 효과 분석 등을 목표로 한다.

대한민국은 GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, IRNSS, QZSS 등 현존하는 모든 전 지구 및 지역 위성항법시스템의 신호 수신 가능한 ‘Satellite Hotspot’에 포함되어 있어 다중 GNSS 신호

별 측위 알고리즘의 연구와 검증이 용이하다 (Seok et al. 2015, Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

이러한 지리적 특성을 활용하여 각 GNSS 시스템 별 측위 알고리즘에 대한 분석과 이해, 시스템 간의 비교·분석을 통해 시스템 간 분할·결합 시 장단점을 파악하여 무인이동체 운용 환경 별 맞춤형 다중 위성 군 복합측위 전략을 수립·개발하도록 한다.

세부적인 연구내용으로는 GNSS 개별 및 병합 항법해 생성 연구, 다중 위성군 복합측위 시스템의 무결성 기법 연구, 다중 GNSS 위성신호의 분할과 결합을 통한 항법해 성능향상 기법 연구를 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.2.3 위성항법 다중경로 상황에서 무인이동체 자율이동을 위한 다중 경로 탐지 및 대응 기술

세번째 세부기술은 안테나 모듈 변경을 통한 기계학습 기반의 다중경로 탐지 및 대응기법 및 고정밀 3D 도시 모델 및 ray tracing을 통한 측위성능 향상 딥러닝 기법의 연구개발을 목표로 한다

GNSS 신호를 수신할 때 주변 환경 및 위성의 위치에 따라 신호의 수신 경로가 달라지며, Non-Line of Sight (NLOS) 상황에서는 수백 미터 이상의 측위오차 발생이 가능하다. 특히 도심지역에서의 다중경로 오차는 크기는 수백 미터부터, 1km 수준까지도 커질 수 있으나 현행 기법들은 측위성능 향상이 제한적이거나 타 센서의 도움이 필요하다는 한계가 있어 근본적인 해결책이 되지 못함에 따라 이에 대응할 수 있는 기술은 반드시 필요하다.

세부적인 연구내용으로는 학습 데이터 다량 확보를 위한 다중 경로 환경 분류 기법 및 딥러닝을 통한 측위성능 향상 연구, 다중 경로 오차 계산 및 저감 기법 연구를 포함한다.

3.2.4 다중 무인이동체 운용을 위한 상대벡터 도출 및 무결성 확보 기술

네번째 세부기술은 다수 무인이동체의 군집운용 및 편대이동, 랑데부, 모션-자선 운용 등 고난이도의 운용기술 지원을 위한 무인이동체 개체 간의 정밀 상대벡터 도출 및 무결성을 확보 기술 개발을 목표로 한다.

주요 연구내용으로는 다중 위성항법시스템과 다중 주파수를 이용한 반송파 미지정수 해 도출 알고리즘 및 무결성 검증 기술과 위성항법시스템과 이중센서를 이용한 상대벡터 도출 알고리즘 및 무결성 검증 기술 연구, 위성항법수신기 및 이중센서를 이용하여 개발된 알고리즘의 적용성 검증 등을 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.3 미지환경 및 항법 가혹환경 운용을 위한 실내의 복합항법 기술 개발

두 번째 세부과제 ‘미지환경 및 항법 가혹환경 운용을 위한 실내의 복합항법 기술 개발’은 항법장비 운용이 어렵고 복잡한 미지환경과 가혹환경에서도 강인하고 정확한 복합항법 기반 3차원 위치추정 기술과 이때의 항법 정밀도 및 정확도, 신뢰도 향상 기

술 개발을 목표로 하며 이를 위해 4가지의 문제인식 및 기술개발 필요성을 도출하였다.

첫째로 무인이동체의 활용범위가 계속적으로 확대됨에 따라 지하공간, 심해환경과 같이 사람이 접근하기 어려운 지역에서의 임무 요구가 발생할 수 있으며, 이 경우에는 해당 공간에 대한 자세한 정보가 없는 경우가 많기 때문에 무인이동체의 항법장치가 미지환경에서도 신뢰도 있는 측위성능을 가지는 것이 중요함을 제시하였다. 둘째로 무인이동체 항법장치는 실내외나 악천후 등의 외부환경에 관계없이 연속 작동되어야 하며 안정적인 무인이동체의 운용을 위하여 빠른 응답속도와 고장 상황에 대응할 수 있도록 전체 시스템에 대하여 높은 성능이 요구됨을 제시하였다. 셋째로 앞의 두 항목을 충족시키기 위해서는 사전 정보가 부족한 미지의 공간, 또는 고기동 등의 가혹한 운용상황에서도 안정적으로 위치정보를 출력할 수 있도록 GPS, IMU, 카메라, Lidar, Radar 등의 다양한 센서들을 최적으로 융합한 복합항법 기술 개발이 필요하고, 마지막으로 정확한 항법정보를 얻기 위해서는 무인이동체가 임무환경에 대한 정밀한 지도를 제작하는 것이 필수적으로 요구됨을 제시하였다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

두 번째 세부과제는 앞서 서술한 기술 개발의 필요성을 반영하여 총 3개의 세부기술로 구성하였고, 각 세부기술의 기술개요, 연구목표 및 세부기술 별 주요 R&D 내용은 아래에 서술하였다.

3.3.1 미지환경 운용을 위한 탐지 및 회피센서 적용 복합정밀항법 기술

첫번째 세부기술은 난조건이나 미지환경에서의 무인이동체 운용을 위한 복합항법 기술의 개발을 목표로 한다.

실내외 미지환경 운용의 연속 확보를 위해서 저가 센서를 활용한 GPS/INS 통합 알고리즘 구현 및 활용과 RGB-D 카메라, 3차원 라이다, 레이다 등의 탐지 및 회피센서를 활용한 Odometry 기법을 통해 관성항법장치의 발산오차 저감 기술의 개발 필요성 및 중요도가 높다. 이를 위해 앞서 제시한 다중의 탐지 및 회피센서를 기반으로 하는 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 기법과 관성센서, 다중 센서 통합 SLAM 기법 개발을 주요 연구내용으로 하며, 세부적으로는 다양한 미지환경 조건에서 이중 탐지 및 회피센서를 활용한 Odometry 성능향상 및 SLAM 등의 복합 정밀항법 연구를 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.3.2 무인이동체 항법 신뢰도 향상을 위한 항법센서 고장 감지 및 항법 재구성 기술

두번째 세부기술은 무인이동체의 고기동 운용 상황을 고려한 항법 신뢰도 향상을 위한 항법센서의 고장 감지 및 중첩센서 기술의 개발을 목표로 한다.

항법센서가 신뢰할 수 있는 정확한 위치를 출력함으로써 고기동-고난이도 임무에서 무인이동체의 생존성을 높이고, 안전하게 임무를 완수할 수 있는 기반을 마련할 수 있다. 만약 항법센서 내 고장이 감지될 경우, 고장 센서를 항법에서 제외하고 나머지 센서 데이터를 융합할 수 있는 대응책을 마련하여 무인이동

체 운용이 불가능하다고 볼 수도 있는 가혹 환경에서도 연속적으로 항법과 임무수행이 가능하도록 하는 것에 목적을 두고 연구 내용을 구성하였다. 세부적으로는 중첩센서 및 무인이동체 운동 특성을 활용한 복합항법센서의 고장감지 및 대응 알고리즘 개발과 센서 고장에 따른 무인이동체 운용 시나리오 수립을 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.3.3 항법 가혹환경에서의 무인이동체 운용을 위한 3차원 공간정보 구축 및 실시간 위치추정

세번째 세부기술은 항법 가혹환경에서의 3차원 공간정보 구축 및 위치추정기술 개발을 목표로 한다. 이 때 항법 가혹환경은 위성항법 불능 및 비가시지역, 투과형 장애물 및 광학 난반사 환경으로 정의된다.

현재 주로 활용되고 있는 상황인식, 탐지 및 회피 센서는 주요 특징에 따라 운용 환경 별로 선택적으로 활용하는 것이 필요하다.

실내, 지하공간과 같이 위성항법시스템 운용이 불가능한 환경에서는 광학 카메라, 3차원 라이다와 같이 주변환경을 인식할 수 있는 센서류의 사용이 적절하고, 조도가 낮고 연기로 인해 시야 확보가 어렵거나, 유리 등의 투과형 장애물 주변 환경에서는 비광학 기반의 레이더 활용이 필요하다. 무인이동체 운용 환경에 따른 적절한 센서의 특성들을 고려하여 최적의 3차원 공간정보 생성 기술을 개발하고, 다수-다종의 복합센서를 기반으로한 3차원 SLAM 기법 개발을 주요 연구내용으로 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.4 영상 기반 탐지회피기술 개발

세 번째 세부과제 ‘영상기반 탐지회피 기술 개발’은 무인이동체에 탑재된 영상입장장비 (단안카메라)를 활용하여 실시간으로 주위 장애물을 탐지·회피하고, 영상정보 내 객체를 탐지하고 거리를 추정하는 알고리즘의 개발을 목표로 하며, 이를 위해 3가지의 문제인식 및 기술개발 필요성을 아래와 같이 도출하였다.

첫째로 현재 장애물 탐지 및 회피에 사용되는 라이다, 레이더 등의 거리센서는 센서의 성능에 따라 가격차이가 매우 크고, 수백 g 수준의 중량을 가지기 때문에 적용할 수 있는 무인이동체의 체원 및 크기에 제한이 따른다. 소형 무인이동체 적용 및 활용을 위해서는 기존 거리센서를 대체하는 수십 g 수준의 단안카메라를 이용한 객체탐지 및 거리추정 기술이 필요함을 제시하였다. 둘째로 단안카메라에 객체탐지 및 거리추정 기술을 적용하기 위해서는 단안카메라 영상과 무인이동체의 센서데이터를 융합한 시각-관성항법 알고리즘 및 회피 알고리즘의 개발이 요구됨을 제시하였고, 마지막으로 객체탐지 및 거리추정 정확도를 향상시키기 위해 인공지능기술을 활용하여 단안카메라 신호와 거리 신호 사이의 학습을 수행하고 객체의 이미지정보 데이터베이스를 이용한 객체탐지 및 거리추정 기술 개발이 요구됨을 제시하였다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

세 번째 세부과제는 앞서 서술한 기술 개발의 필요성을 반영하여 총 2개의 세부기술로 구성하였고, 각 세부기술의 기술개요, 연구목표 및 세부기술 별 주요 R&D 내용은 아래에 서술하였다.

3.4.1 무인이동체 온보드 환경하에서 영상장비의 이미지 처리를 통한 실시간 장애물 검출 및 회피 알고리즘 개발

첫번째 세부기술은 단안카메라 영상과 무인이동체의 센서 데이터를 융합하여 실시간으로 장애물을 검출하고 회피하는 알고리즘의 개발을 목표로 한다.

현재는 라이다, 레이더 등의 별도의 거리센서를 활용하여 탐지 및 회피를 주로 수행하고 있는데, 무인이동체에 탑재된 단안카메라를 이용한 객체탐지가 가능하다면, 별도의 거리센서 탑재가 불가능한 초소형의 무인이동체를 이용한 원활한 임무수행이 가능할 수 있게 된다. 이를 고려하여 무인이동체 가시 영역 내 장애물의 동역학 모델과 위치정보를 고려한 실시간 경로점 기반 회피 경로 생성 알고리즘을 개발하고, 무인이동체 가시 영역 내에서 움직이는 객체 추적 및 예측을 통한 무인이동체 경로의 재생성 알고리즘을 고도화하는 것으로 주요 연구내용을 구성하였다.

세부적으로는 카메라 영상 및 항법정보를 활용한 깊이 영상 추정 알고리즘 개발, 깊이 영상을 기반으로 한 이동경로 상의 장애물 검출 및 충돌방지 알고리즘 개발을 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.4.2 단안카메라 영상 및 거리정보 학습을 바탕으로 영상정보 내의 객체를 탐지하고 객체와 객체, 객체와 무인이동체 간의 거리추정 알고리즘 개발

두번째 세부기술은 기계학습 기반의 인공지능 기술을 적용하여 단안카메라의 신호 변량에 대한 거리정보를 학습하고, 이를 이용하여 객체탐지 및 객체 간 거리추정 기술의 개발을 목표로 한다.

객체 추적을 통하여 객체와 객체, 객체와 무인이동체 사이의 강인하고 정확한 거리추정 알고리즘을 개발하고, 이동체의 ego-motion을 고려한 알고리즘의 성능 고도화를 수행하는 것으로 주요 연구내용을 구성하였다. 이 때 탐지 대상 객체의 이미지, 방향, 거리 정보가 통합된 학습 데이터베이스를 구축하여 활용하도록 한다.

세부적으로는 객체 추적 알고리즘과 복합항법센서의 주요 정보(자세, 위치 등)를 결합하여 정확하고 강인한 객체 탐지 및 거리 추정 알고리즘을 포함한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b).

3.5 통합운용 기술실증기 적용 및 기술 실증

2.3절에서 설명한 바에 따라 각 세부기술은 3종의 통합운용 기술실증기 중 최소 1개의 시스템에 적용되어 연구개발의 결과를 실증하여야 한다. 항법연구단 전체 세부과제는 실증방안 중 두 번째인 ‘기술실증’ 방안을 활용하여, 성과를 검증하도록 하며, 실증 대상 시스템은 우선적으로 항법연구단 연구팀의 주요 연구분야 등의 특성을 고려한 후 항법연구단 각 세부과제 및 통합운용 기술실증기 연구팀, 원천기술개발사업 총괄 사업단 간의 협의 및 세부검토를 통해 최종적으로 결정하였다.

첫번째 세부과제 ‘위성항법 정밀도 향상 및 무결성 확보기술

개발은 다양한 위성항법시스템 신호 분석 및 처리 알고리즘, 인공지능 기계학습 기법을 활용한 다중경로 오차 또는 항법신호 외부교란 등을 탐지하는 위성항법 난조건 상황 대응 알고리즘, 이종다수 무인이동체의 상대위치 식별 알고리즘을 최종 산출한다. 이를 통합 소프트웨어로 구성하고, 기술 검증을 위한 하드웨어 모듈을 제작하여 육·해·공 자율협력형 무인이동체 시스템 중 광역 임무를 수행하는 다수의 공중 무인이동체에 실증하는 것을 목표로 한다.

두번째 세부과제 ‘미지환경 및 항법 가혹환경 운용을 위한 실내의 복합항법 기술 개발’은 위성항법시스템 가용이 불가능한 미지 및 가혹환경에서 이종/다종의 항법·거리센서를 복합적으로 활용하여 공간을 인식하고, 위치를 추정할 뿐만 아니라 항법센서 고장상황까지 대응할 수 있는 복합항법 소프트웨어와 시스템 하드웨어 모듈을 최종 산출한다. 이를 무인수상선-수중자율이동체 복합체계 시스템 중 수중자율이동체 (Autonomous underwater Vehicle) 탑재하여 실증하도록 한다.

마지막으로 ‘영상기반 탐지회피기술개발’은 인공지능 기계학습 기법을 적용하여 영상입무장비의 영상정보와 이에 대응하는 깊이 정보를 바탕으로 무인이동체와 탐지한 객체 간의 깊이를 정확하게 추정하고, 이를 기반으로 한 충돌방지 알고리즘을 최종 산출한다. 산출 결과를 깊이 추정 성능검증용 하드웨어 모듈로 제작하여 육·공분리합체형 무인이동체 시스템 중 지상 무인이동체 (Unmanned Ground Vehicle)에 기술을 실증하는 것을 목표로 한다 (Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b, 2020).

4. 결론

본 논문에서는 무인이동체 원천기술개발사업에 대해 소개하고, 그 중 항법기술연구단의 세부내용이 현재와 같이 구성된 배경과 최종 기획된 세부 구성에 대해 설명하였다. 무인이동체가 인간과 공존하며 인간의 활동 영역을 대체하기 위해서 무인이동체가 스스로의 위치를 정확히 인식하는 것은 가장 중요한 요소이다. 본 사업 탐지 및 인식(항법기술)연구단의 연구 결과가 향후 우리 사회에서 무인이동체의 활용도를 높이는 데 긍정적 영향을 끼칠 수 있기를 기대한다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단, 무인이동체원천기술개발사업단의 지원을 받아 무인이동체원천기술개발사업을 통해 수행되었음 (2020M3C1C1A03078081).

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Whole project planning & supervision, review and editing W.G.; project administration & review I.S.; writing-review

and editing H.J.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Jung, Y. & Kang, W. 2019, Technology Development Strategy to Improve the Capability of Next-Generation Unmanned Vehicle, in SASE 2019 Spring Conference, Jeju, Korea, 24-27 April 2019
- Seok, H. J., Yoon, D. H., Lim, C. S., Park, B. W., Seo, S. W., et al. 2015, Study on GNSS Constellation Combination to Improve the Current and Future Multi-GNSS Navigation Performance, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 4, 43-55. <https://doi.org/10.11003/JPNT.2015.4.2.043>
- Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2016, Unmanned Vehicle Core Technology Research and Development Program Request for Proposal (RFP)
- Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2018, Unmanned Vehicle Technology Roadmap
- Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019a, Domestic Utilization of Drone Core Parts and Establishment of Localization Plans Report
- Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2019b, Unmanned Vehicle Core Technology Research and Development Preliminary Feasibility Study Planning Report
- Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2020, Unmanned Vehicle Core Technology Research and Development Program Request for Proposal (RFP)
- Unmanned Vehicle Advanced Research Center 2021, 2020 unmanned Vehicle Industry Survey Results Report



Hyo-Jeong Seok received her B.S and M.S degrees in the Department of Aerospace Engineering from Sejong University (Rep. of Korea) in 2014 and 2016, respectively. She is currently a researcher in the Unmanned Vehicle Advanced Research Center at Korea Aerospace Research Institute (KARI). Her research focuses on precision navigation for unmanned vehicles.



In Seong Hwang received his Ph.D. in Aerospace Engineering from Seoul National University. From 2009 to 2010, he was an engineer of the Tech Center at Korean Air, where he worked on structure design of the high altitude long endurance unmanned aircraft. Since 2010, he has been a senior

research engineer at Korea Aerospace Research Institute, where he worked on design of regional aircraft, developed a UAV system. He works for Unmanned Vehicle Advanced Research Center to develop unmanned systems. His research has focused on aircraft structure design, UAV design and development.



Wangu Kang received his B.S and M.S degrees in the Department of Aerospace Engineering from Seoul National University (Rep. of Korea) in 1992 and 1994, respectively. Ph.D degrees in the Department of Aerospace Engineering from KAIST (Rep. of Korea) in 2008. He is currently the Director of the Unmanned

Vehicle Advanced Research Center at Korea Aerospace Research Institute (KARI). His research areas are UAV design, development.