

UAV 협업용 USV 시스템 설계 및 구현

김정현, 신수용

국립금오공과대학교

kdh454311@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

USV System Design and Implementation for UAV Collaboration

Jung Hyun Kim , Soo Young Shin

Department of IT Convergence Engineering

Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문은 최근 증가하는 해양 환경에서 UAV(무인 항공기) 활용에서 나타나는 이동 거리의 제한적인 문제를 해결하고자 이동 효율을 증가시키기 위한 USV(무인 수상정) 시스템의 설계와 구현을 진행하였다.

I. 서 론

본 논문에서는 UAV(무인항공기)의 운영을 보조하는 USV(무인수상정)에 대한 시스템 설계와 구현에 대해 기술한다. 최근 무인 항공기(UAV)의 활용이 급증하면서, 그 이동 거리의 한계가 존재하는 문제에 직면하고 있다. 특히 장시간 또는 장거리 운행 시, UAV의 배터리 수명 및 에너지 소모가 주요 제약 요인 중 하나로 작용한다. 따라 UAV의 이동 거리를 증가시키고 지속 가능한 운영을 위해 다양한 연구와 기술적 개선이 진행되고 있다. 이러한 맥락에서, USV를 활용하여 UAV의 이동 거리를 확장시키는 것은 중요한 연구 주제 중 하나로 부각 된다[1]. UAV와 USV의 협업을 통한 통합 시스템은 두 기술의 상호보완성을 극대화하여 이동 거리와 임무 수행 능력을 향상 시키는 중요한 해결책으로 간주 되고 있다. 본 논문의 본론에서는 개발된 무인 수상정의 하드웨어 시스템 구성, 무인 수상선의 진장부에 대해 기술하며, 마지막으로 개방 수역 실험을 통한 무인 수상정의 성능 및 제어 실험 결과를 기술한다.

II. 본론

2.1 무인 수상정 하드웨어

제작된 선체는 자세 안정성이 높은 그림1과 같은 Catamaran(쌍동선) 형태의 외형을 갖는다. 부력체는 길이 126cm의 카약 보조선으로 선정되었다. [2]. 선체의 추진기는 13.6 kgf의 추력을 낼 수 있는 Endura c2 30을 1기 장착하였고 선체의 조향은 서보 모터를 통해 추진기의 방향을 회전시킨다. 또한 UAV의 자율 착륙을위한 H'마크를 포함한 랜딩패드를 구비하고 있으며 착륙한 UAV를 고정하기 위해서 랜딩기어 고정 장치가 있다. 프레임은 알루미늄 프로파일을 이용해 소나(SONAR)나 라이다(LiDAR) 등 추가적인 센서와 장비의 부착을 용이하게 설계하였다. 선체의 상단부에는 선체의 위치를 파악하기 위한 GPS가 부착되어 있으며 회피 기능을 구현하기 위해 전방과 장애물과 UAV 착륙 상태를 확인 할 수 있는 PTZ 카메라가 부착되어 있다. 추가적으로 USV에 전원을 공급하기 위한 태양광 패널을 부착할 수 있는 슬로프를 구비한다.

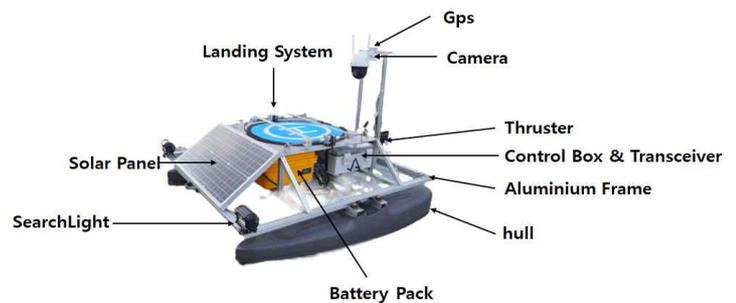


그림 1 무인 수상정 구성 요소

Fig 1 Unmanned surface vehicle components

2.1.1 UAV 착륙 시스템

해상 상황에서는 해풍과 파도 등에 따라 착륙한 UAV의 이탈이 빈번하게 발생한다. 때문에 UAV의 무인 수상정의 하드웨어 중에서 특히 UAV의 착륙을 지원하고 랜딩 기어를 안전하게 고정하는 장치가 그림2와 같이 장착되어 있어야 한다. 장치는 듀얼 샤프트 스텝모터, 리드스크류, 그리고 리드 스크류 너트를 결합하여 양방향으로 UAV 랜딩 기어를 고정한다. 랜딩 기어 고정 장치에는 듀얼 샤프트 스텝모터가 사용되며, 이는 안정적이고 정밀한 제어를 가능하게 한다. UAV의 착륙 감지 시, 듀얼 샤프트 스텝모터를 통해 고정 장치가 활성화되어 UAV 랜딩 기어를 안전하게 잠그는 동작을 수행한다.



그림 2 UAV 착륙 시스템

Fig 2 UAV Landing System

2.2 무인 수상정 전장부

전장부는 그림3와 같이 USV 제어를 위한 FC, ROS를 통해 FC의 제어를 위한 Companion Computer, 카메라, 해양 환경에서 USV 전원을 공급하기 위한 Solar panel과 충전 시스템, 배터리로 구성된다. 무인 수상정의 항법 및 운영을 담당하는 주요제어 장치로 Pixhawk 4[3]를 선정하였다. Pixhawk 4를 통해 결정된 이동 경로에 따라 무인 수상정의 모터 드라이버와 서보 모터를 제어한다. GPS 데이터를 기반으로 한 자율 항법 알고리즘을 실행하고, 목표 지점까지 이동하며, 설정한 임무를 수행한다. 무인 수상정의 추진기, FC, 통신 장치가 12V로 작동하여 배터리는 리튬인산철 (LiFePO4) 4s로 제작하였고, 배터리의 관리를 위해 4S 14.6V 130A BMS(Battery Management System)를 장착하였다. 또한 무인수상정은 오랜 시간 동안 항해 및 임무를 수행해야 하므로 효율적인 에너지 관리를 위해 태양전지패널을 활용하여 지속적으로 동작할 수 있도록 설계하였다.

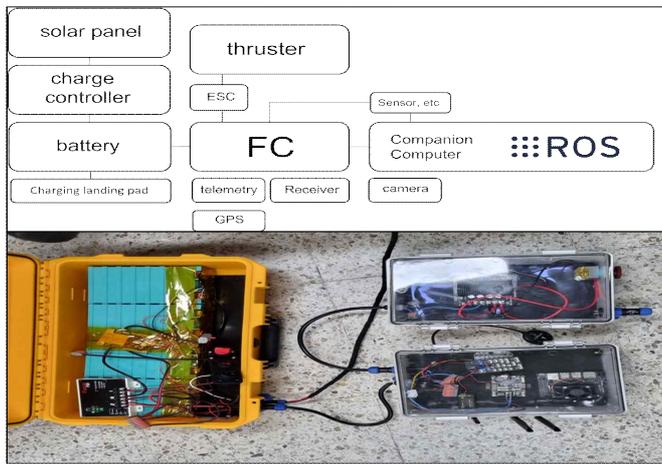


그림 3 무인 수상정 전장부
Fig 3 Unmanned surface vehicle electronics unit

2.3 개방수역 무인 수상정 성능 및 제어 실험

개방 수역 테스트 이전, 그림4 와 같이무인 수상정의 기본 성능 및 제어 능력을 확인하기 위해 간이 수영장에서 제한된 환경에서 실험 하였다. 이후, 실제 환경에서의 USV 성능을 평가하고, 다양한 환경 조건에서의 제어 능력을 확인하기 위해 본격적인 개방 수역(그림5)에서의 실험을 진행 하였다. 선체의 안정성, 속도, 시스템의 실제 운용 가능성을 평가하였다. 실험 결과, 간이 수영장에서 초기 테스트와 달리 개방 수역에서 USV가 단일 추진기를 사용함에 따라 선체 조향이 정확성이 감소함을 확인 하였다. 이와 다른 실험 모드에선 USV의 안정성, 속도등 안정적으로 운용되었으며, GCS를 통해 지정된 목표 지점까지 효과적으로 항해할 수 있음을 확인하였다.



그림 4 무인 수상정 제한수역 테스트
Fig 4 Unmanned surface vehicle Test of Restricted Zones



그림 5 무인 수상정 (좌 :GCS 시스템) (우 :개방수역 테스트)
Fig 5 Unmanned surface vehicle electronics unit

III. 결론

본 논문에서는 최근 증가하는 해양 환경에서의 UAV(무인 항공기) 활용에서 나타나는 이동 거리의 제한적인 문제를 극복하고자, 이동 효율을 향상시키기 위한 USV(무인 수상정) 시스템의 설계와 구현에 대한 연구를 수행하였다. 선체의 착륙 시스템, 종합적인 시스템 설계를 통해, UAV의 이동 거리를 확장하고 효율성을 증가시키는 준비를 하였다. 결과적으로, 향후 실제 환경에서의 응용 가능성을 위해서는 선체의 개선이 필요함을 확인였고, 이 연구는 협업을 강화한 해양 환경에서의 UAV 및 USV의 통합 시스템이 향후 해양 탐사, 환경 감시, 그리고 임무 수행 등 다양한 응용 분야에서 효과적으로 활용될 수 있음을 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the MSIT (Ministry of Science and ICT), Korea , under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (IITP-2023-RS-2023-00259061) supervised by the IITP (Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation).

참 고 문 헌

[1] Shao, Guangming, et al. "A novel cooperative platform design for coupled USV - UAV systems." IEEE Transactions on Industrial Informatics 15.9 (2019): 4913-4922.
[2] 손경량." Structural Design of Catamaran Power Yac
[3] pixhawk 스펙 holybro,
(<https://holybro.com/products/pixhawk-4>)