論文 J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 44(10), 862-870(2016)
DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2016.44.10.862
ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

무인항공기 시스템을 활용한 선박 식별 및 도시 시스템 개발

최성민*, 고윤호*, 강영신**

Development of Ship Identification and Display System using Unmaned Aerial Vehicle System

Seong-min Choy*, Yun-ho Ko* and Youngshin Kang**
Chungnam National University*
Korea Aerospace Research Institute**

ABSTRACT

AIS and V-PASS, which are used for safe navigation and automatic vessel arrival and departure, are mandatory standard equipment installed on all ships. If an aircraft is equipped with a ship identification system using AIS and V-PASS, and then ship identification information is received by a vessel such as a large fishery inspection boat or a patrol ship or a ground control system, we can quickly perform maritime surveillance and disaster response. This paper describes the development of a ship identification and display system using a ship identification device for aircraft. Flight test results and a future application plan are also included.

초 록

선박의 안전한 운항과 자동입출항을 관리하기 위해서 사용되는 선박위치 발신장치(AIS, V-PASS)는 모든 선박에 의무적으로 장착하는 표준장비이다. 선박위치 발신장치를 활용한 선박식별 시스템을 항공기에 탑재하여 대형 어업지도선이나 경비함 등의 선박 및 지상 시스템에서 선박식별정보를 수신할 수 있게 되면 해양감시와 재난대응을 신속하게 수행할 수 있다. 본 논문은 항공기용 통합 선박식별 장치를 활용한 선박식별 및 도시 시스템의 개발 및 비행시험결과와 향후의 활용방안에 대해 기술하였다.

Key Words : UAV(무인항공기), Flight test(비행시험), AIS(자동선박식별 장치), V-PASS (어선위치발생장치)

Ⅰ. 서 론

한중 어업협정이 발효된 2001년 이후 중국어선의 불법조업은 지속적으로 증가하고 있으며 한국의 적극적인 단속에 집단적 폭력으로 대응하고 있다[1]. 불법중국어선은 한국과 중국 양국 어선이 모두 조업 할 수 있는 한중조치수역의 경계 근처에서 어업활동을 하다가 어업지도선이 감시하기 어려운 야간이나 악천후를 틈타 한국측 배타적 경계수역(EEZ)으로 넘어와서 불법조업을

† Received : May 23, 2016 Revised : August 1, 2016 Accepted : September 18, 2016
* Corresponding author, E-mail : koyh@cnu.ac.kr

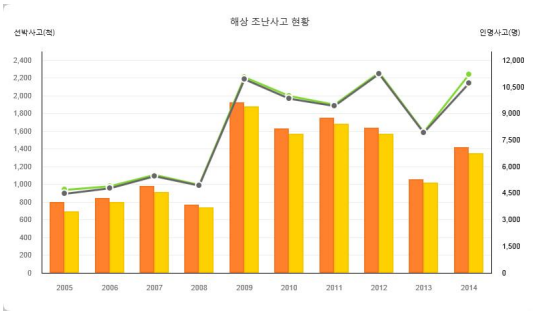

Fig. 1. Maritime distress accident status

일삼고 있다. 수산정책연구소가 2012년 집계한 피해 추정치는 연간 65.5만톤, 1조 3천억 이상으로 추산되며, 이는 한국 어획량의 21.2%, 연근해 어획량의 61.9%를 차지한다. 금액적으로는 수산물 총 생산금액의 17.6%, 연근해 어업 생산금액의 34.3%가 중국어선 불법어업으로 인한 손실로 나타나 손실 규모가 심각한 것으로 판단된다[2].

또한 우리나라의 해양 레저산업 발달로 인한 해상 조난 사고 또한 꾸준히 증가세로 나타나고 있기 때문에 사고 발생 시 선박의 위치를 상시 확인 할 수 있는 선박 식별장치에 대한 필요성이 증대되고 있는 실정이다.

이에 따라 우리나라는 어선법 제 5조의2(어선위치 발신장치) 조항에 의거 하여 어선들의 V-PASS와 같은 선박 식별장치의 장착을 의무화하고 이 신호를 활용하여 불법 어업 감시 및 해양 조난사고 대처를 위한 노력을 하고 있다. 그러나 한국의 단속 역량은 이에 훨씬 못 미치고 있으며, 34척의 어업지도선 중에서 1000톤 급 이상은 8척으로써 중국의 불법어업을 제대로 단속하기에는 한계가 있다. 따라서 항공기 시스템을 이용해서 불법어업을 감시하는 체계를 구축하는 것이 시급하다[3].

유인 및 무인항공기를 사용하여 불법어업을 감시하기 위해서는 무인항공기 시스템 중 영상정보를 이용하는 방법이 가장 좋은 방법이나, 항공기는 안전을 위해서 높은 고도에서 날기 때문에 높은 고도에서 촬영된 사진으로는 어선의 불법여부를 판단하기 위한 선박의 번호판 식별이 어렵고, 이렇게 촬영된 영상과의 선박 식별 정보의 일치여부를 판단하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 무인항공기 시스템과 선박 식별 장치를 이용하여 불법 조업 선박 단속 및 구조 선박 식별 방안을 제시하려 한다.

본 논문에서는 무인항공기 시스템을 이용한 선박 식별 및 도시 시스템에 대하여 기술하였다. 2장에서는 선박 식별 및 도시 시스템에 대해서 소개 하고 각각을 구성하는 무인항공기 시스템과 선박 식별장치를 이용하여 정보를 수신하는 과정에 대하여 기술하였다. 3장에서는 수신된 정보를 이용 임무장비 영상에 존재 하는 선박의 식별 및 도시하는 알고리즘에 대하여 기술하였으며, 4장에서는 비행시험결과를 통하여 이를 검증 하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 정리하였다.

II. 선박 식별 및 도시 시스템

2.1 무인항공기 탑재 시스템 구성

무인항공기 시스템의 경우 크게 탑재 시스템과 지상 시스템으로 분류되며, 이 가운데 무인항공기 탑재 시스템은 Fig. 2와 같이 비행체와 항전장비로 구분이 된다. 여기서 비행체는 비행을 위한 플레폼으로 고정익, 회전익, 복합형 등 다양한 형태의 무인항공기가 개발되어 있는데, 수직이착륙과 높은 임무중량이 필요한 경우 회전익을, 장시간의 비행 및 고속비행이 필요한 경우 고정익을, 수직이착륙 및 회전익 항공기 이상의 비행속도 및 장시간 체공이 필요한 경우에는 복합형의 항공기를 각각의 임무에 맞도록 선택한다.

항전장비는 비행체 내의 전자 장비를 모두 칭하는 명칭으로 비행임무에 따라 다르지만 일반적으로는 비행에 관련된 모든 데이터를 처리하고 비행제어 및 OFP(Operational flight program)가 탑재되어 있는 비행제어 컴퓨터, 비행체의 자세 및 위치 측정 역할을 수행하고 GPS 및 IMU(Inertial Measurement Unit) 등으로 구성된 관성항법센서, 지상과의 통신을 위한 탑재통신장비 그리고 임무수행을 위한 임무장비로 구성된다. 이중 임무장비는 수행하고자 하는 임무에 따라서 EO/IR, 레이더, 등 각종 계측 센서 장비로 이루어진다.

Fig. 2. UAV system

무인항공기의 탑재 및 지상 시스템은 통신장비인 데이터링크를 통하여 통신이 이루어진다. 데이터 링크 선정 시에는 임무에 따라서 운용거리, 데이터링크 대역폭, 사용되는 주파수가 각기 다르게 선정되며, 무인항공기 크기에 따라서 사용할 수 있는 앰프의 크기 및 통신장비의 크기가 정해지게 된다.

2.2 무인항공기 지상 시스템 구성

무인항공기 지상 시스템의 경우 크게 전자장비를 장착 할 수 있는 쉘터와 쉘터내부 전자장비로 나누어지게 된다. 쉘터는 무인항공기의 수행 임무에 따라서 고정형과 이동형으로 나누어질 수 있으며 고정형 쉘터는 한 장소에서만 무인기의 임무가 이루어지는 경우나 통신장비의 임무반경이 넓은 경우 사용되며, 일반적으로는 임무차량 또는 트레일러를 이용하여 쉘터를 구성하게 된다. 소형 무인항공기의 경우에는 쉘터를 배낭 등의 도수운반이 가능한 형태로 제작하는 경우도 있다.

쉘터안에 장착될 전자 장비는 크게 통신과 지상통제장비로 나누어 볼 수 있다. 통신장비는 운영 반경 및 통신 대역폭에 따라서 알맞은 안테나와 증폭기를 선정하게 된다. 임무 변경이 넓은 경우에는 지향성 안테나와 높은 게인의 앰프가 장착이 되며, 임무반경이 좁은 경우에는 무지향성 안테나와 낮은 게인의 앰프가 사용된다. 지상통제 장비는 비행체 조종을 위한 비행통제장치(PBY : Pilot bay)와 무인항공기의 임무장비를 조종하는 영상조종장치(OBY : Observer bay)로 나누어진다. 비행통제장치는 실시간 제어를 위한 실시간제어컴퓨터(RTC : Realtime computer)와 디스플레이 컴퓨터(DC : Display computer)로 나누어진다. 디스플레이 컴퓨터는 비행조종 장치와 영상조종 장치 임무에 맞는 소프트웨어가 설치되며 내부를 구성하는 소프트웨어는 임무통제 소프트웨어와 비행통제 소프트웨어, 통합 소프트웨어로 나누어진다. 영상조종장치는 비행체의 임무장비를 조종하는 역할을 수행하며, 이외에도 무인기 통합 통제시스템의 안정성을 위해서 이중화 임무를 수행한다. 이로 인하여 영상조종장치는 영상처리 소프트웨어 이외에도 비행통제 소프트웨어가 가지고 있는 임무통제소프트웨어와 비행통제소프트웨어를 포함하고 있다. 실시간제어컴퓨터는 통신장비를 통하여 입력되는 무인항공기로부터의 신호를 실시간으로 처리하여 디스플레이 컴퓨터로 전송하는 역할을 수행하고, 조종사의 조종명령을 실시간으로 통신장비를 통하여

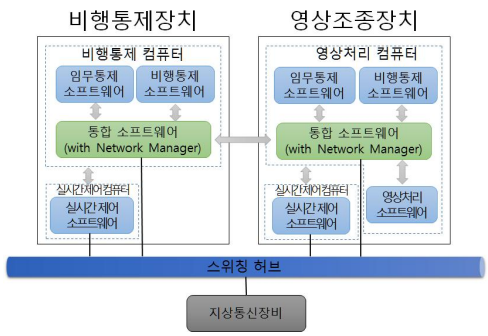

Fig. 3. GCS block diagram

무인항공기로 전달하는 장치이다[4]. 무인항공기 지상 시스템의 전체적인 구성도는 Fig. 3과 같다.

2.3 선박 식별 시스템

선박 자동 식별장치 AIS(Automatic Identification System)는 선박의 ID, 위치, 침로, 속력 등 항해정보를 실시간으로 제공하는 장치로, 선박의 충돌방지, 광역 관제, 조난 선박의 수색 및 구조 활동 등 에 활용되는 장치이다. 국제해사기구에서 45m 이상의 어선이나 50톤 이상의 대형 선박에 의무적으로 장착을 권고 하고 있다.

어선위치발신장치(V-PASS: Vehicle-PASS)는『어선법』제 5조 1항 단서에 따라 해양사고 발생 시 신속한 대응을 위해 어선의 위치 및 긴급구조 신호를 발생하며,『선박안전조업규칙』 제 15조에 따른 어선의 입출항 신고를 자동으로 처리 할 수 있는 장치로서 897MHz대역의 주파수를 사용하는 무선설비이다. 어선위치발신장치는 해경에 의해서 보호 받는 개인 정보이기 때문에 본 논문을 진행하면서 같이 진행한 무인기 기반 불법어업 감시체계 구축 및 시범운용과제 기간 동안만 해경의 도움을 받아 한시적으로 암호화 모듈을 해제하여 실험을 진행 하였다.

Fig. 4. Small / Light weight integrated ship identification system for aircraft

본 논문에서 사용되는 AIS/V-PASS 시스템은 비행체에 장착을 위하여 개발된 경량/소형의 통합 선박식별 장치(이하 선박식별 장치)로 Fig. 4와 같이 AIS 정보 및 V-PASS정보를 모두 수신하여 두 정보 모두 전달해주는 장치이다.

2.4 선박식별 및 도시 시스템

선박 위치를 추정하기 위해서는 선박 식별정보, 임무 장비 자세 정보, 비행체 자세 위치 정보, 카메라 영상 정보가 필요하다. 본 연구에서 시험하는 환경은 멀리 있는 선박의 정보를 일일이 선박을 이용하여 확인하지 않고 비행체를 통하여 원격으로 영상과 선박의 데이터를 동시에 받아서 불법 조업 선박을 감시하는 시스템이기 때문에 선박의 위치 데이터 및 선박 식별데이터를 선박식별 장치를 통하여 수신하고 수신된 데이터를 이용하여 영상에 선박이 존재 하는 경우 선박식별정보를 도시해야 한다. 따라서 이러한 일련의 과정을 비행체에서 실험하기 위해 비행체로부터 여러 센서의 신호를 무선통신을 이용하여 수신 받는 시스템이 필요한데, 이를 해결하기 위해서 무인항공기용 시스템을 도입하여 시험을 진행하였다. 또한 기존의 무인항공기 시스템이 갖추지 못하는 선박식별 장치를 위한 시스템을 무인항공기 시스템과 결합하여 장비를 구성 하였다.

시스템의 구성을 위해서 항공기에서는 무인항공기의 항공전자 시스템과 항공기용 선박식별 장치를 장착하여 두 시스템을 비행제어 컴퓨터를 통하여 연결 하고 지상에서는 선박식별장비의 전자지도 시스템을 지상통제장비와 연결하고 선박식별 및 도시 시스템을 지상통제 장비와 전자지도에 연결하여 시스템을 구성하였다. 선박식별 및 도시 시스템에서 비행체의 자세 및 위치 정보와 임무장비의 자세 정보는 비행제어컴퓨터를 통하여 지상으로 수신 되게 되어 선박식별 및 도시 시스템으로 수신된다. 선박 식별 정보 는 선박식별 장치로부터 비행제어 컴퓨터 지상통제장비를 거쳐서 전자지도(ECDIS : Electronic Chart Display & Information System)로 수신되어 지도상에 선박의 정보를 도시하고, 선박 식별 정보는 선박 정보와 위치데이터로 변경되어 선박식별 및 도시 시스템으로 수신된다. 임무 영상은 통신장비를 통하여 디지털 압축되어 선박식별 및 도시 시스템으로 수신되고 선박 식별 및 도시 시스템에서는 선박 위치 추정 알고리즘을 통하여 선박 식별 및 도시가 가능해 진다. 이러한 시스템의 데이터 흐름도는 Fig. 5와 같다.

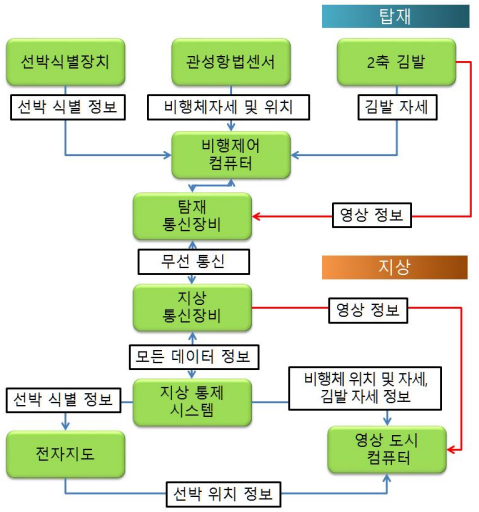

Fig. 5. Data flow chart

III. 선박 위치 추정 및 도시 알고리즘

3.1 선박위치의 카메라 좌표계로의 변환

선박 식별 및 도시 시스템에서는 무인기 시스템 및 선박식별 장치로부터 수신된 데이터를 이용하여 영상 내에서 선박의 위치를 추정 하여 도시하는 작업을 하게 된다. 이때 반드시 필요한 작업이 좌표계 변환 작업이다. 좌표계 변환은 선박의 좌표를 카메라 중심 좌표계로 변환하는 과정이며 좌표계 변환 흐름도는 Fig. 6과 같다.

사용된 좌표계는 UTM(Universal Transverse Mercator) 좌표계를 사용하여 월드 좌표계를 표시 하였다. UTM 좌표계는 군사좌표의 하나로, 임의의 지점으로부터 동으로의 거리를 표시하는 남·북 선들과 동일한 지점으로부터 북으로의 거리를 표시하는 동·서 선에 의하여 지도상의 위치

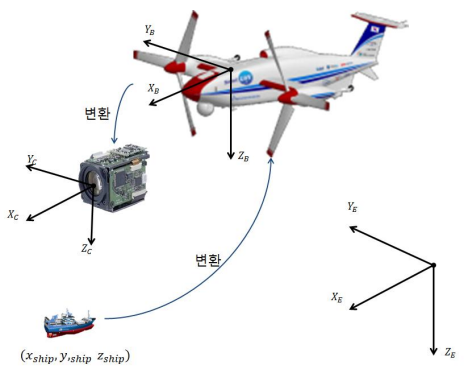

Fig. 6. Coordinate transformation

를 결정하는 방법이다. 따라서 이 좌표에서는 남북동서의 양선이 만나는 정방형의 망상구조를 보인다. 좌표는 그 선 양단 지도의 난외에 기입되어 있는 북위 84°와 남위 80°사이를, 경도 6° 간격으로 60등분, 위도 8°간격으로 20등분하여 모두 1,200개의 좌표구역이 설정되어 있다[5].

월드 좌표계인 UTM 좌표계로 표현된 선박의 위치를 카메라 좌표계로 변환하는 과정은 다음과 같다. 이를 설명하기에 앞서 다음과 같은 3개의 좌표계를 정의한다. 첫 번째는 UTM 좌표계를 확장한 지구 좌표계(earth frame)로 지표면 상의 임의의 위치를 원점으로 하며 X_E축은 북쪽, Y_E축은 동쪽, Z_E축은 지구의 중심방향으로 정의하는 NED(North-East-Down) 좌표계이다. 두 번째는 비행체 좌표계(body frame)로 원점은 항법센서의 중심에 있으며 비행체에 고정되어 있는 좌표계로써, X_B축은 동체 중심선의 앞쪽으로 정하고, Y_B축은 오른쪽 날개 방향, Z_B축은 비행체의 아래 방향으로 정의하는 좌표계이다. 마지막 좌표계는 카메라 좌표계(camera frame)이다. 이 좌표계는 원점을 광학장비의 방위각 및 고각의 회전축의 접점으로 하며, X_C축은 광학장비의 시선방향으로 Y_C축은 고각의 회전축의 오른쪽 방향, Z_C축은 3차원 직교좌표계를 정의하는 나머지 한 축으로 정의하는 좌표계이다.

한편 지구 좌표계 상에서의 항공기 좌표를 $p_A = [x_A\ y_A\ z_A]^T$로, 항공기의 오일러 각도(roll, pitch, yaw)를 각각 $(\Phi_A\ \theta_A\ \psi_A)$로 정의하겠다. 또한 비행체 좌표계를 기준으로 비행체에 부착된 카메라의 상대적 위치를 $dp = [dx_M\ dy_M\ dz_M]^T$로 정의하며, 카메라의 오일러 각도를 $(\Phi_M\ \theta_M\ \psi_M)$으로 정의한다. 마지막으로 지구 좌표계 상에서 배의 위치를 $p_S = [x_S\ y_S\ z_S]^T$로 정의하도록 하겠다.

먼저 지구 좌표계 상에서의 배의 위치 좌표를 비행체 좌표계로 변환한다. 이때, 지구 좌표계 상에서의 비행체와 배의 위치는 GPS정보를 통해서 알 수 있다. 따라서 비행체 좌표계를 기준으로 비행체 중심에서 배의 위치 p_r은 아래의 식 (1)과 같이 표현 할 수 있다.

$$p_r = B_B(p_S - p_A) \tag{1}$$

여기서 변환 행렬 B_B는 식 (2)에서와 같이 지구 좌표계를 비행체 좌표계로 표시하기 위한 오일러 각 $(\Phi_A\ \theta_A\ \psi_A)$에 의해 정의된 회전 행렬이다.

$$B_B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi_A & \sin\phi_A \\ 0 & -\sin\phi_A & \cos\phi_A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_A & 0 & -\sin\theta_A \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta_A & 0 & \cos\theta_A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\psi_A & \sin\psi_A & 0 \\ -\sin\psi_A & \cos\psi_A & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{2}$$

비행체 좌표계로 표시된 선박의 위치 p_r을 카메라 좌표계로 표시된 위치 p_{rM}으로 표현하기 위해서는 식 (3)의 변환이 요구된다.

$$p_{rM} = B_M(p_r - dp) \tag{3}$$

여기서 변환 행렬 B_M은 식 (4)에서와 같이 비행체 좌표계를 카메라 좌표계로 표시하기 위한 오일러 각 $(\Phi_M\ \theta_M\ \psi_M)$에 의해 정의된 회전 행렬이다.

$$B_M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi_M & \sin\phi_M \\ 0 & -\sin\phi_M & \cos\phi_M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_M & 0 & -\sin\theta_M \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta_M & 0 & \cos\theta_M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\psi_M & \sin\psi_M & 0 \\ -\sin\psi_M & \cos\psi_M & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{4}$$

이러한 과정을 통해 최종적으로 선박의 좌표가 카메라의 렌즈의 중심을 원점으로 하는 좌표계로의 변환된다.

3.2 이미지 평면 투영

카메라를 통해서 얻는 이미지는 2차원이지만 실제 세상은 3차원으로 이루어져 있다. 이때, 3차원의 점들이 이미지의 어느 위치에 표시되는지는 촬영 당시의 카메라의 기하학적 정보에 의해서 결정되게 된다. 카메라중심 좌표계로 표시된 선박의 좌표(P_{rM})를 2차원 영상에 투영하기 위해서는 카메라 모델과 카메라 내부 파라미터들이 필요하다.

카메라 모델의 경우 통상 핀홀 카메라 모델을 사용하는데 이는 매우 이상적인 모델이지만 그 모델링이 매우 간단하기 때문이다. Fig. 7은 핀홀 카메라 모델의 좌표계를 도시하고 있다. 카메라 모델에서 $z=1$인 지점에 가상의 이미지 평면이 존재한다고 하자. 이때 X=(X_X, X_Y, X_Z)가 카메라

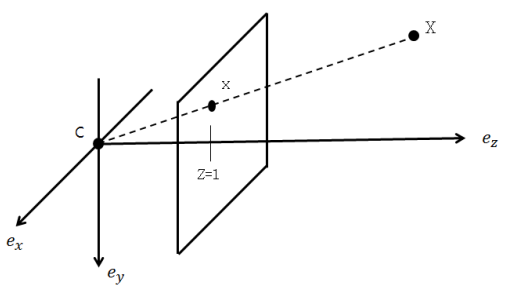

Fig. 7. Camera coordinate

중심 좌표계로 표시된 선박의 좌표(P_{rM})라고 했을 때 이미지 평면에 투영되는 점 $x=(x_x, y_y, 1)$ 사이의 관계식을 구하게 되면 식 (5)와 같이 정리할 수 있다.

$$x = \begin{pmatrix} X_X/X_Z \\ X_Y/X_Z \\ 1 \end{pmatrix} \tag{5}$$

선박의 좌표를 가상의 이미지 평면이 아닌 실제 2차원 이미지 평면에 투영하기 위해서는 추가적인 맵핑 과정이 필요하게 된다. 즉 실제 이미지 평면에 투영된 점 x의 좌표는 길이 단위(m)가 아닌 pixel 단위를 사용하고 있다. 또한 Fig. 7에 정의된 이미지 평면의 경우 평면의 중앙 좌표가 (0,0,1) 값을 가지지만, 통상 사용되는 이미지는 왼쪽 모서리를 (0,0)으로 하는 좌표계를 사용하기 때문이다. 이러한 것을 반영하는 맵핑 과정은 식 (6)에서 정의된 3x3의 크기를 가지는 역삼각 행렬 K를 이용하여 식 (7)과 같이 진행된다[7].

$$K = \begin{bmatrix} f_x & skew_c & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x & skew_c & C_x \\ 0 & f_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_X/X_Z \\ X_Y/X_Z \\ 1 \end{pmatrix} \tag{7}$$

여기서 f_x와 f_y는 각각 x와 y축 방향으로의 초점 거리(focal length)를 의미한다. 이러한 초점 거리는 렌즈 중심과 이미지 센서 사이의 거리와 센서의 물리적 셀 간격에 의해 정해진다. c_x와 c_y는 각각 x와 y축 방향으로의 주점(principal point)으로 카메라 렌즈의 광학축(optical axis)이 이미지 센서와 만나는 점의 영상좌표를 의미한다. 비대칭 계수(skew coefficient)인 $skew_c$는 이미지 센서의 y축이 기울어진 정도를 나타낸다. 현재 생산되는 카메라는 이러한 에러가 거의 없기 때문에 카메라 모델링 시 비대칭 계수 값을 0으로 두어 계산과정에서 고려하지 않는 파라미터이다.

행렬 K의 파라미터는 카메라 켈리브레이션 과정을 통하여 구할 수 있게 되며 카메라 켈리브레이션은 비행시험에 직접 사용될 카메라를 통하여 진행하게 된다. 실제 시험에 사용될 카메라인 Cloud cap 사의 2축 김발인 TASE150을 사용하여 카메라 켈리브레이션을 진행하였다. 카메라 켈리브레이션은 Fig. 8과 같은 검은색과 흰색으로 이루어진 체크 무늬 보드를 서로 다른 각도, 거리에서 촬영한 이미지를 이용하여 각 이미지에 나타난 체크 무늬의 왜곡된 정보를 바탕으로 초점 거리와 주점 등의 정보를 산출한다[8][9][10].

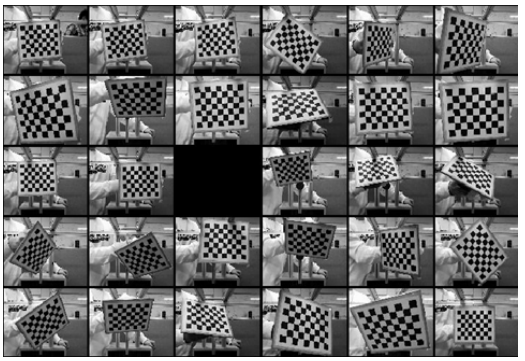

Fig. 8. Image for Camera Calibration

Table 1. Camera calibration result

Focal Length (x1 zoom)	f_x	857.32089 (pixel)
	f_y	863.40730 (pixel)
Principal point	c_x	313.45640 (pixel)
	c_y	240.19973 (pixel)
Pixel error	x-axis	0.19023 (pixel)
	y-axis	0.11476 (pixel)

체크무늬를 이루는 사각형의 가로, 세로 길이가 20mm인 체크 보드를 사용하여 카메라 켈리브레이션을 통해서 구해진 카메라 행렬 K의 값은 Table 1과 같다. 여기서 error는 카메라 보정 결과의 정확도를 의미한다. 켈리브레이션을 통해서 구한 focal length값은 1배줌에 대한 것으로 줌인(zoom in)의 경우 해당 배율을 곱하여 사용하게 된다.

Ⅳ. 비행시험결과

4.1 시험 환경

본 연구에서 개발된 선박 식별 및 도시 시스템은 무인항공기 시스템을 근간으로 개발한 것으로 궁극적으로는 무인항공기에 장착하기 위한 시스템이나 검증되지 않은 장비를 이용해 수행하는 비행시험은 위험하기 때문에 유인 테스트베드 항공기를 사용하여 개발된 시스템을 검증하였다. 비행시험은 한국항공우주연구원의 고흥 항공센터에서 진행되었다. 주 시험장비인항공기는 독일 Flight Design사의 2인승 경비행기 CTLS를 이용

Fig. 9. Flight test area

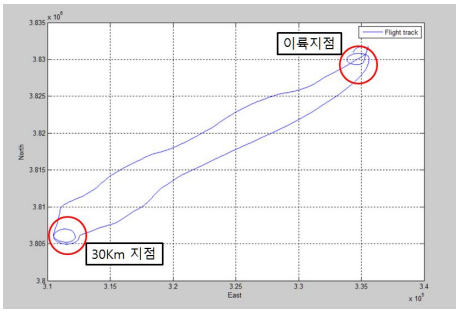

Fig. 10. Flight test path

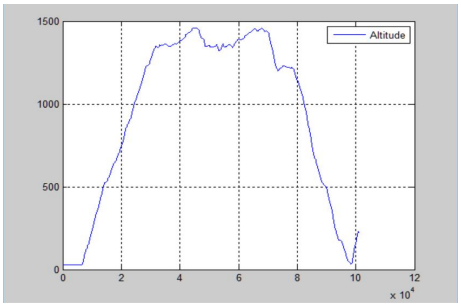

Fig. 11. Flight test altitude

하여 이루어졌으며, 무인항공기 시스템은 기존 한국 항공우주연구원에서 보유한 시험 장비를 사용하였다.

시험 범위는 Fig. 9에 표시된 것과 같이 지상 통신장비가 위치한 항공센터로부터 녹동항 10km, 금당도 20km, 노력도 30km 이며, 시험고도는 1000m~1500m에서 비행조종사가 상황에 맞는 비행고도를 택하여 시험하였다.

시험비행시험의 궤적 및 비행고도는 각각 Fig. 10과 Fig. 11과 같다.

Fig. 12. Ship identification and display system software

비행 시험은 탑재된 장비의 배터리 상태와 비행체의 상태를 고려하여 진행하였으며 총 시험시간은 1쏘티(Sortie)에 1시간 정도 비행시험을 진행하였다.

항공기용 선박 식별 시스템의 소프트웨어 구동 화면은 Fig. 12와 같이 구성되어 있다.

표시하는 정보 창은 크게 2개로 나누어지고 1번창에서는 임무장비로부터 수신 받은 영상과 선박의 위치 추정 좌표, 선박의 ID, 선박의 코스 헤딩, 속도 정보가 표시되며 2번창에서는 나머지 정보인 선박의 ID, 등록된 선박의 국가, 코스헤딩, 속도, 영상 내 좌표, 이름, 비행체로부터의 거리가 표시된다. 선박이 여러 대일경우 색으로 구분하여 도시한다.

4.2 비행시험

비행시험을 통하여 임무장비화면상에 선박이 도시되고 선박식별 장치로부터 선박의 정보를 원활히 수신한 경우 화면상에 선박의 위치가 도시되는 것을 확인 하였다.

1쏘티(Sortie)의 비행에서 선박 식별장치로부터 수신된 선박의 수는 AIS장착 선박 26척 V-PASS 장착선박 360척을 식별하였다. 이중 비행시험을 하면서 화면상으로 확연히 구분이 되는 선박이 있는 경우에는 임무장비를 조종하여 선박을 추적 감시 하면서 Fig. 13과 같은 결과 화면을 획득하였다. 임무장비를 통해 수신된 화면상에 실시간으로 선박의 위치에 선박의 식별정보가 도시되어 시스템이 정상적으로 동작함을 확인 하였다. 특히 화면상에 여러 선박이 존재하는 경우에도 Fig. 13의 4번째 그림처럼 각 선박의 정보가 정상적으로 도시되는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 기존 항공기에 탑재되어 있는 이미 검증된 센서들의 값과 AIS와 V-PASS 정보

Fig. 13. Flight test result

를 이용하여 영상 내에 존재하는 선박에 대한 선박 식별을 실시간으로 이루어 내는 방법을 제안하고, 비행시험을 통하여 이를 검증하였다. 이러한 선박식별시스템은 선박에서 이착륙이 가능한 헬기 및 틸트로터 무인기 등에 적용하게 되면, 지상에서 유인항공기를 이용하는 것 보다 넓은 범위를 탐색할 수 있게 되어 궁극적으로는 경제적 배타수역(EEZ)에 대한 불법어업감시까지 가능하게 할 것으로 기대된다. 실제 본 연구의 실험에 활용된 장치들은 무인항공기 시스템을 바탕에 두고 있기 때문에 무인항공기 제어 알고리즘과 OFP만 추가적으로 탑재하면 무인항공기에 대한 적용이 가능하다. 여기서 무인항공기 제어 알고리즘에는 함상이착륙 기능이 포함되어야 하는데 이는 현재 개발 진행 중에 있다. 또한 무인항공기의 사용이 어려운 경우에 있어서도 본 논문에서의 비행시험에서처럼 유인항공기에 무인항공기 시스템을 장착하여 사용해도 그 응용이 가능하다.

이러한 선박 식별 시스템의 구체적 활용은 다음과 같은 형태로 이루어질 수 있다. 선박이 합법적인 경우 선박 식별장치를 켜고 활동하기 때문에 선박과 선박의 식별정보가 같이 도시되는 경우 정상 어업선박으로 분류할 수 있고, 선박의 식별정보가 같은 위치에 2개 이상 도시되거나 화면상에 선박만 보이고 선박의 식별정보가 도시되지 않는 경우 불법조업 선박으로 의심하고 추가적인 근접 감시의 수행을 진행할 수 있다.

그러나 Fig 13의 결과 화면에서 보이는 바와 같이 선박식별 장치로부터 나오는 선박의 식별정보가 딜레이 현상에 의해 이동하는 선박의 뒤로 결과가 도시되고, 비행체 떨림에 의해서 줌인 시 화면상 일정한 포인트가 아닌 여러 포인트를 떠다니는 현상, 시스템간의 장착오차 등에 의해서 선박의 위치에 정확히 도시되지 않는 현상을 확인하였으며, 보다 안정적으로 운영하기 위해서 이러한 오차를 개선하는 연구를 수행할 예정이다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 일부 수행된 것임(NRF-2015R1D1A3A0101 9533)

References

1) Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), “A Comprehensive Plan for Extermination of Chinese’s Illegal Fishing”, 2011, pp.1~2.

2) Lee, K. N., and Jeong, J. H., “Estimating the fisheries losses due to Chinese’s illegal fishing in the Korean EEZ,” The Journal of Fisheries Business Administration, Vol. 45, No.2, 2014, pp.73~83.

3) Youngshin Kang, Am Cho, Bum-Jin Park, and Chang-Sum Yo, “Unmanned Aircraft System to Check Illegal Fishing”, The Korean Society of Mechanical Engineering, May 2015, pp.59~60.

4) Jeong-sik Park, Jin-geun Bae, Jaesang Roh, and Jung-wook Kim, " GCS development optimized for Smart UAV control and the development direction", Kass Journal, Mar 2014, pp1226~1229.

5) South Korea Geographic Information Society, "Physical Geography Dictionary", May 2006.

6) Soo-Hun Oh, and Tae-Sik Kim, "Improvement of Target Position Estimation Accuracy for UAV using Kalman Filter", Aerospace Engineering and Technology Vol. 6, No. 1, July 2007, pp.237~244.

7) R. Hartley, and A. Zisserman, "Multiple view geometry in computer vision", Cambridge University Press, UK. 2000.

8) Sturm, Peter F., and Maybank, Stephen J., "On Plane-Based Camera Calibration : A General Algorithm, Singularities, Applications", Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, June 1999. pp.432~437.

9) Chen, Dazhi, and Zhang, Guangjun, "A new sub-pixel detector for x-corners in camera calibration targets", Proc. of the WSCG International Conf. in Central Europe on Computer Graphics and Visualization, 2005 pp.97~100.

10) Dae-Yeon Won, Hyon-Dong Oh, Sung-Sik Huh, Bong-Gyun Park, Jong-Sun Ahn, Hyunchul Shim and Min-Jea Tahk, "Vision-based Small UAV Indoor Flight Test Environment Using Multi-Camera", Journal of The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, December 2009, pp.1209~1216.