

Sensor Fusion Docking System of Drone and Ground Vehicles Using Image Object Detection

Jong-Hwan Beck[†] · Hee-Su Park^{**} · Se-Ryeong Oh^{**} · Ji-Hun Shin^{**} · Sang-Hoon Kim^{***}

ABSTRACT

Recent studies for working robot in dangerous places have been carried out on large unmanned ground vehicles or 4-legged robots with the advantage of long working time, but it is difficult to apply in practical dangerous fields which require the real-time system with high locomotion and capability of delicate working. This research shows the collaborated docking system of drone and ground vehicles which combines image processing algorithm and laser sensors for effective detection of docking markers, and is finally capable of moving a long distance and doing very delicate works. We proposed the docking system of drone and ground vehicles with sensor fusion which also suggests two template matching methods appropriate for this application. The system showed 95% docking success rate in 50 docking attempts.

Keywords : Drone, Docking Method, Image Object Detection, Template Matching

영상 객체 검출을 이용한 드론과 지상로봇의 센서 융합 도킹 시스템

백종환[†] · 박희수^{**} · 오세령^{**} · 신지훈^{**} · 김상훈^{***}

요약

본 연구에서는 사람을 대신하여 험난한 지형에서 위험작업을 수행이 가능한 지상로봇과 짧은 시간 안에 원거리 비행이 가능한 드론과의 결합을 통해 위험 상황에서의 효과적인 협업이 가능한 시스템을 구현하였다. 최근 관련 연구는 드론을 수용할 수 있는 무인지상차량이나 4족 로봇에 관한 연구가 있었으나 전체 가용 시간의 장점에 비해 대규모 로봇을 필요로 하여 현장에서 적용하기엔 어려움이 있었다. 본 논문에서는 경량 드론에 장착된 임베디드 웹캠과 영상처리 알고리즘을 사용하여 객체의 한 유형인 마커를 Canny Edge 알고리즘 및 특정한 Template matching 방법을 통하여 비행 중 실시간 검출한 결과를 보여주며, 지상로봇위에 표시된 마커의 2차원적 위치 정보 획득과 레이저 센서를 이용한 상대거리 확보를 융합하여 지상로봇과 드론간의 도킹을 구현하는 시스템을 제안하였다. 실험을 통하여 제안된 시스템은 50회의 도킹 시도에서 95%의 도킹 성공률을 보였으며 6가지의 Template matching 방법 중 시스템에 적용할 수 있는 2가지의 템플릿 매칭 방법을 제시하였다.

키워드 : 드론, 도킹 기술, 영상 객체 검출, 템플릿 매칭

1. 서론

무인비행기(UAV: Unmanned Aerial Vehicles)는 사람이 하던 위험하고 힘든 임무를 대신 수행할 수 있다는 점과 넓

은 지역을 오랜 시간 돌아다니며 산불을 감시하거나 방사능으로 오염되어 사람이 들어갈 수 없는 위험 지역을 조사하고 정찰하는 임무에 적합하다. 특히, 다수의 프로펠러를 이용한 무인기의 한 종류인 멀티콥터에 대한 연구는 기술의 발전으로 인하여 전자 제어기 및 자세 감지 센서의 저가화 및 소형화에 힘입어 많은 연구가 되고 있다. 멀티콥터의 많은 종류 중 4개의 프로펠러와 모터를 가진 쿼드콥터는 비행 메커니즘 상 직관적 이해가 쉽고, 호버링 성능이 우수하며 기계적 구조가 간단하며 4개의 모터가 각 방향으로 분산되어 있어 충돌 시 받는 손해를 경감할 수 있다는 이점을 가지고 있어 민간 분야에서도 여러 가지로 활용되고 있는 추세이다[1, 2]. 한편, 인공위성 등의 우주비행체에서 쓰이는 용어인

※ 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2015R1D1A1A01057518).

※ 이 논문은 2016년도 한국정보처리학회 추계학술발표대회에서 “마커인식 및 레이저 센서를 이용한 드론의 도킹 시스템 설계”의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준 회원 : 환경대학교 전기전자제어공학과 석사과정

** 준 회원 : 환경대학교 정보제어공학과 학사과정

*** 종신회원 : 환경대학교 전기전자제어공학과 교수

Manuscript Received : December 15, 2016

Accepted : December 29, 2016

* Corresponding Author : Sang-Hoon Kim(kimsh@hknu.ac.kr)

도킹(docking)은 우주상의 두 물체가 물리적으로 연결되는 것으로 도킹이라는 용어는 이제 여러 분야의 연구에서 ‘두 물체의 기능을 결합 후에도 온전히 사용할 수 있는 물리적이고 기계적인 결합’을 의미로 가진다[3-5].

기존의 멀티콥터는 다수의 프로펠러의 동작으로 이루어지는 이동 방식 때문에 오히려 제한이 생기기도 한다. 예를 들면, 구조 현장이나 건설 현장과 같은 경우 현장 내에 드론을 적용한다고 하였을 때 프로펠러에 의한 분진이 많이 날려 드론을 구성하는 시스템에 치명적인 결합이 생기게 하며 드론의 비행 안정성을 보장받을 수 없게 한다. 또한, 중소형 드론 자체의 동작 시간은 한 시간 이내로[6], 실제 현장에서의 효율성이 떨어진다. 따라서 고가의 드론이 아니면 해당 분야에 적용하기에 어렵고 손실 시 비용적인 측면에서도 많은 손해가 있다. 기존 드론들의 유용한 이점을 살릴 수 있으면서도 안정성을 보장받는 방법은 해당 분야에서 기존 사용되는 로봇을 결합하는 일이다. 본 논문에서는 영상 처리를 이용하여 영상에서의 객체 중 하나인 도킹 유도 마커를 검출하고, 검출된 마커의 정보를 도킹에 사용하여 드론과의 도킹을 통하여 목적지까지의 고속이동이 가능하며 빠르게 임무 수행을 할 수 있는 로봇 시스템의 설계를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 도킹 시스템은 1대의 카메라를 이용한 도킹 유도 마커의 영상 처리 알고리즘과 레이저 센서 인식을 통한 도킹 기술이 사용되었다. 드론과 도킹할 대상은 동체의 균형성과 보행의 안정성 및 무게 등을 고려하여 4족 로봇으로 선정되었다[6].

본 연구의 목적은 사람이 이동할 수 없는 험난 지형을 통과할 수 있는 로봇들과 드론의 결합을 실현시킬 수 있는 강건한 도킹 시스템의 개발에 초점을 맞춘다. 현재 국내 상용화된 드론들은 다중 센서를 이용한 협업(collaboration)을 통하여 기체의 자세 제어를 구현하기 때문에 결합으로 인한 무게 변화를 감당하지 못하므로 드론과 관련 비행 알고리즘을 자체 설계하였다. 논문의 구성은 2장에서 기존 드론과 지상 로봇들과의 결합들에 관한 연구들을 소개하고 3장에서는 제안하는 로봇 시스템에 대하여 설명한다. 4장에서는 시스템의 성능평가를 실시하며 5장에서 결론을 맺는다.



Fig. 1. Proposed Robot

2. 기존 연구

국내에서는 최근 기존의 드론과 지상 로봇과의 결합에 대한 대표적인 연구로써 한국원자력연구원 로봇연구실에서 개발한 위험 시설물을 집중적으로 모니터링할 수 있는 원격제

어 무인지상 차량인 RAM(Remote Control System for Accident Monitoring)이 있다. RAM은 재난 현장에 투입하기 위한 범용 UGV(Unmanned Ground Vehicle)플랫폼으로 접근 불가능한 지역까지 ATV(All Terrain Vehicle)로 이동하고, ATV에 탑재된 드론으로 지상과 공중 정찰 임무를 수행한다 [7]. 원격으로 운용되는 고속주행 플랫폼으로 Virtual Reality의 일종인 1인칭 사용자 조작 시스템을 사용하여 제어가 가능하며 기존 무인지상차량의 기동성이 뛰어나지 못한 것에 반하여 최고시속이 80km 이상인 ATV를 사용하기 때문에 여러 장애물들을 넘어 사고 지역에 빠르게 도달할 수 있다.



Fig. 2. UGV for Disaster Assistance

해외에서도 이와 비슷한 연구로 스위스연방공대 산하 ‘자율시스템연구소’(Eidgenössische Technische Hochschule Autonomous Systems Lab)는 드론과 4족 보행로봇을 결합한 콤보 로봇 기술을 선보였다.



Fig. 3. Quadruple with Quadrupe

이러한 기존 연구들은 높이가 높은 장애물 혹은 수심이 깊은 물이나 공간이 협소한 험난한 지형에서의 이동이 힘들다는 점과 비행 기능은 드론 기체 단독으로밖에 사용할 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 즉, 사람이 이동할 수 없는 험난 재난 지형을 모두 극복하여 해당 지역 탐사가 어렵다는 점을 가지고 있는 것이다.

3. 로봇 시스템 설계

제안된 로봇의 전체 시스템 구성은 Fig. 4와 같다. 시스템에는 영상 처리를 위한 임베디드보드(Embedded board), 지능적 제어를 위한 MCU(Micro Controller Unit)와 제안된 기술을 기계적으로 구현할 도킹 모듈을 포함한다. Fig. 5와 같이 드론은 영상처리를 통하여 모듈 로봇과의 도킹을 위한 위치인식을 수행하며, 레이저 센서의 송수신을 통하여 보다 정밀적으로 도킹을 수행한다.

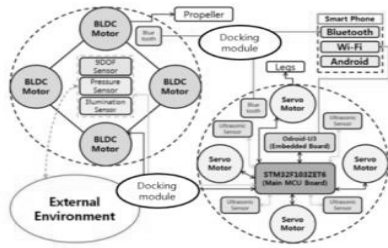


Fig. 4. Technical Architecture

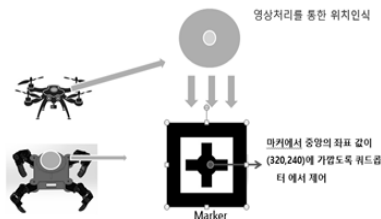


Fig. 5. Main Concept

4축 로봇의 모터들은 범용 비동기형 송수신 통신을 이용하여 주기적인 펄스에 의해 제어되며 평형이 되는 부분을 찾아 균형이 유지되도록 설계되었다. 인터럽트와 타이머를 이용하여 초음파 센서에서 받은 실측값으로 장애물 거리 측정 및 회피가 가능하며 도킹 시 레이저 센서의 송수신을 담당한다.

3.1 드론 제어

드론의 자세 제어는 롤-피치-요 각에 대한 PID(Proportional-Integral-Derivative) 제어를 통한 제어를 사용한다. PID 제어기는 기본적으로 피드백 제어기의 형태를 가지고 있으며, 제어하고자 하는 대상의 출력값을 측정하여 제어에 필요한 값을 알맞게 가감하는 구조로 되어있다. Fig. 6과 같이 본 연구에서 사용한 기술은 Proportional(P) 제어기와 PI D 제어기의 두 가지의 루프로 구성된 P-PID 피드백 제어기와 초음파 센서를 사용하여 비행 자세를 제어하는 방식이다. 현재 드론의 자세 측정은 자이로 3축, 가속도 3축, 지자기 3축이 포함된 상용 모션 센서를 사용하고 현재 각속도와 각도를 측정한다. 측정된 각도는 P-PID 피드백 제어를 통하여 전자변속기에 들어가게 되어 브러쉬리스(Brushless) 직류 모터 출력 속도를 제어한다. 일반적으로 PID 피드백 제어기 단독으로 쓰이는 경우는 없고, 안쪽 루프와 바깥쪽 루프를 두어 각도 피드백과 각속도 피드백을 받아 제어하는

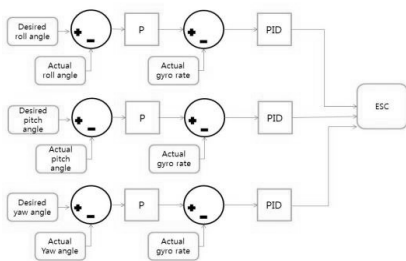


Fig. 6. P-PID Controller

방식을 취하고 있다[11]. 초음파 센서는 도킹 유도 마커와 융합하여 드론의 고도를 측정하는데 사용된다.

$$u_{ang}(t) = K_p e_{ang}(t) + K_i \int_0^t e_{ang}(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e_{ang}(t) \quad (1)$$

$$u_{gyro}(t) = K_p e_{gyro}(t) \quad (2)$$

$$u(t) = u_{gyro}(t) \times u_{ang}(t) \quad (3)$$

Equation (3)은 전자변속기에 들어가는 최종 값을 나타낸다. K_p , K_i , K_d 는 각각 PID 이득 값을 의미하며, $e(t)$ 는 제어값에서 실측값을 뺀 오차를 의미한다.

3.2 영상처리를 이용한 도킹 유도 기술

마커를 인식 하기 위하여 Fig. 7의 흐름도에 의하여 영상 처리가 이루어진다. 이미지 와핑과 템플릿 매칭을 통하여 해당 마커 인식을 완료하게 된다.

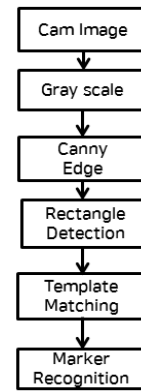


Fig. 7. Marker Detection Flowchart

1) 케니 에지 검출기(Canny Edge Detector)

Canny Edge 검출은 대표적인 윤곽선 검출 방법으로 에지를 제거할 때 뛰어난 성능을 보여주는 방법이다[8]. 이 방법은 첫째, 모든 에지가 검출되고 참인 점을 찾기 때문에 에러율이 낮고 둘째, 에지 점들의 위치가 정확히 측정되어야 하며 셋째, 검출기가 에지 점이 하나만 있는 곳에서 여러 개를 식별하지 않는다는 강건함을 가지고 있다. 그러나 구현이 복잡하고 실행 시간이 길다는 단점이 있다. 본 연구에서는 도킹을 위한 강건한 결과를 위하여 케니 에지 검출기를 사용한다.

$$\nabla f(x,y) = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (5)$$

Canny Edge Filter 알고리즘은 위 Equation (4), (5)와 같은 Magnitude 과정으로 Sobel 연산 등을 통하여 기울기 값을 추출하고, Non-Maximum Suppression 과정에서 2차 기울기 값을 추출하여 강한 윤곽선과 약하지만 필요한 윤곽선을 효과적으로 분류시킨다. Fig. 8은 Canny Edge 알고리즘의 결과를 보여준다.

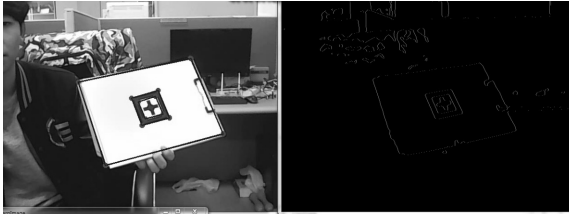


Fig. 8. Result of Canny Edge Algorithm

2) Rectangle Detection

본 로봇에 제안하는 기술은 Fig. 9A의 마커를 사용한다. 해당 마커는 오픈 소스 Software Development Kit(SDK)인 ARToolkit의 Marker Generator을 이용하여 제작하였다. 드론 아래 설치된 임베디드 캠이 해당 마커를 인식하게 되면 인식된 마커의 중심 좌표로 드론이 이동하고, 레이저 송수신을 이용해 위치를 미세조정 후 추력을 낮춰 기계적 결합을 하는 방식이다. 마커의 사각형의 각 꼭지점을 통하여 입력받은 이미지에 와핑 작업을 실시한다. 이미지 와핑(Warping)은 기하학적 변형의 한 종류로 한 (x, y)의 위치에 있는 픽셀을 (x', y')으로 대응시키는 작업을 의미한다. 이 작업은 다음 단계인 템플릿 매칭을 위한 전처리 단계로 기존 템플릿과의 유사도를 판별하기 위하여 처리해주는 작업이다. Fig. 9B는 입력받은 영상에서 와핑된 이미지를 보여준다.

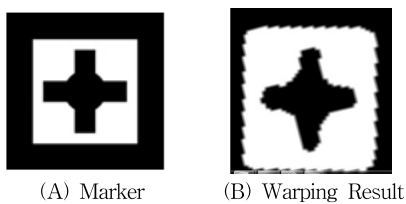


Fig. 9. Marker for Template Matching

3) 템플릿 매칭

템플릿 매칭은 참조 영상에서 템플릿 영상과 매칭되는 위치를 탐색하는 방법이다. 템플릿 매칭에서 영상의 밝기를 그대로 사용할 수도 있고, 에지, 주파수 변환 등의 특징 공간으로 변환하여 템플릿 매칭을 수행할 수도 있다. 영상의 밝기 등에 덜 민감하도록 정규화 과정이 필요하다. 알려진 템플릿 매칭방법들은 픽셀값의 제곱차를 이용하는 제곱차 매칭 방법, 제곱차 매칭 방법에서 정규화 계수를 나눈 방법, 상관관계방법으로 템플릿과 입력 영상의 곱을 모두 제곱하여 모두 더하는 방법, 상관관계 방법에서 정규화 계수를 나눈 방법, 상관계수 방법으로 템플릿과 입력 영상 각각의 평

균을 고려한 매칭을 수행하는 방법, 상관계수 방법에서 정규화 계수를 나눈 방법의 6가지가 존재한다[9]. 정규화된 방법은 입력 영상과 템플릿 영상 사이에 조명의 차이가 존재할 때, 그 영향을 크게 줄여주기 때문에 유용하게 사용된다. Equation (6), (7), (8), (9), (10), (11)는 6가지의 각각의 결과 행렬을 구하는 공식을 보여준다.

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2 \tag{6}$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \tag{7}$$

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')) \tag{8}$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \tag{9}$$

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')) \tag{10}$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}} \tag{11}$$

I(x,y), I(x',y')는 탐색영역의 영상, T(x,y), T(x',y')는 템플릿, R(x,y)는 계산한 결과 행렬이다. 본 연구에서는 두 값의 방향성과 척도에 의하여 Equation (8)의 결과 행렬을 사용하였다[10].

3.3 센서와 도킹 모듈을 이용한 도킹

도킹 유도 마커의 인식이 완료되면 마커 중심 좌표가 카메라 중앙에 있을 수 있게 드론이 이동한다. 그러나 현재 정확한 위치에 드론이 머물러 있다는 것이 쉽지 않으며 도킹 시도 시 실패할 가능성이 있다. 이 문제점을 해결하기 위하여 최근 연구에서 차량의 위치 보정에 많이 사용되어지는 레이저 센서의 송수신을 이용[12]하는 방법을 사용한다. 레이저 센서는 4족 로봇의 모서리 부분에 하나씩, 즉 4개의 센서가 위치하며 각각의 송수신이 완료되었을 때 추력을 0으로 만들고 도킹 기어를 통한 기계적 결합이 진행된다. Fig. 10A에 제시된 그림처럼 도킹 기어를 통해 Fig. 10B과 같이 4족 로봇과 도킹할 수 있게 제작하였다. 각 기어에는 Stick이 달려있어 도킹 시에 로봇 간의 결합 후 Stick이 회전하여 로봇 간 연결쇠 역할을 하는 기계적 결합 방식을 사용하였다.

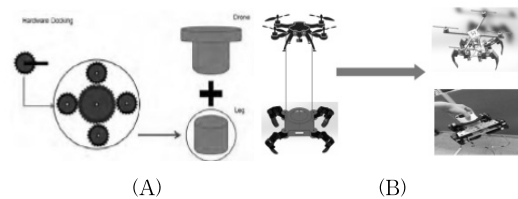


Fig. 10. Docking Using Docking Module and Sensors

4. 실험 및 고찰

4.1 제안된 시스템의 성능 평가 실험

제안된 도킹 시스템의 성능을 평가하기 위하여 반복실험을 진행하였다. 실험은 첫째, Marker 유형의 객체를 인식하는 방법만 사용하여 도킹을 시도하는 것과 둘째, 레이저 센서만을 이용하는 방법, 그리고 셋째, 제안된 두 가지를 융합하는 방법의 3가지 방법이 반복실험 시 얼마나 성공하는 지에 대한 실험이다. 각 방법의 성공률을 획득하기 위하여 마커가 인식될 수 있는 지근거리, 즉 약 1m라 가정하고 1m 이내까지 드론이 이동했다는 전제 조건하에 사용자 제어 없이 자율적으로 도킹이 성공하는지 측정하였다. 첫 번째 실험은 총 50번의 실험을 진행하였다. 실험은 바람이 통하지 않는 넓은 실내에서 진행하였으며, 변인 조건으로 마커 인식, 레이저 센서 작동 여부의 두 가지로 구성하였다. 총 실험 횟수는 50회이며 백분율(%)로 도킹성공률을 표시하였다. 마커 인식과 레이저 센서를 모두 작동하지 않는 상태는 고려하지 않으며 모듈 기어가 완전히 돌아가 4족 로봇을 들고 1m 이상을 비행하였을 때 성공으로 판단하도록 하였다. 한편, 도킹 속도는 고려하지 않도록 하였다.

Table 1. Experimental Results

	n	Marker On	Marker Off
Sensor On	10	100%	25%
	30	100%	25%
	50	96%	20%
Sensor Off	10	80%	
	30	76%	
	50	70%	

Table 1은 본 실험의 결과이다. n은 실험횟수를 의미한다. 세 방법 공통적으로 실험횟수가 많아질수록 성공률이 감소하는데 이는 외부 요인에 의한 것으로 보인다. 가장 도킹성공률이 낮은 방법은 레이저 센서의 송수신만을 이용하여 도킹할 때이다. 도킹성공률이 가장 높은 방법은 제안된 방법으로 나타났다. 실험 시에 레이저 송수신만을 사용하였을 때 기체는 도킹 모듈 위에 빗겨서 착지하여 실패하는 모습이 반복적으로 확인되었다. 즉, 문제점은 드론이 4족 로봇의 중심에 위치할 수 없었기 때문에 모서리에 위치한 4개의 레이저 센서의 송수신이 정확한 위치에 정합되지 않아서 발생하는 것이라고 볼 수 있다. 또한 영상 처리를 통한 마커 인식만으로 50회의 실험에서 70%의 성공률을 보였으나 마커의 오인식시 드론의 정밀 위치 보정이 되지 않아 실패가 발생하였다. 결국 제안된 방법으로 96%의 도킹 성공률을 보였으며 제안된 시스템의 성능을 입증해준다.

4.2 템플릿 매칭 기법 비교 실험

실험은 여러 템플릿 매칭 기법 중에 가장 강건한 기법이 무엇인지 판단하기 위하여 여러 가지 템플릿 매칭 기법으

로 매칭 기법 정확률을 검토하였다. 본 실험을 위하여 예비용 마커 두 가지를 더 첨부하여 실험하였다. 조명, 배경, 카메라 위치와 같은 결과에 영향을 많은 변인들은 통제하고, 드론을 통하여 공중 2m 지점에서 촬영하였을 때 실제 마커의 위치에 사각형이 그려진다면 인식 성공으로 보았으며 정확률 계산은 Equation (12)와 같다.

$$Accuracy = \frac{Success}{Try}, Try = 20 \tag{12}$$

매칭 기법 별 정확률은 Table 2와 같다.

Table 2. Experimental Results

Equation	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Marker 1	90%	60%	50%	50%	40%	30%
Marker 2	70%	50%	50%	70%	30%	50%
Marker 3	60%	50%	90%	80%	40%	50%

Table 2에서 상관계수를 사용하는 두 가지 방법이 정확률이 더 높은 것을 볼 수 있으며, 정규화 되지 않은 방법이 더 높은 정확률이 나온 것을 볼 수 있다. 그러나 템플릿 이미지의 촬영이 실내에서 이루어졌고 실험도 실내에서 이루어졌기 때문에 입력 영상의 밝기나 조도의 영향이 크지 않으므로 정규화되지 않은 방법이 더 성공률이 높게 나타나는 것으로 보여진다. 그러나 밝기, 조도의 영향을 쉽게 받는 실외와 같은 환경이면 Equation (6)이나 Equation (8)을 정규화시킨 Equation (7)과 Equation (9)의 방법이 더 강건할 것으로 예상된다.

5. 결론

본 연구에서는 사람을 대신하여 험난지형에서의 위험작업을 수행이 가능한 지상로봇과 짧은 시간안에 원거리 비행이 가능한 드론과의 결합을 통해 위험 상황에서의 효과적인 협업이 가능한 시스템을 구현하였다. 최근 관련 연구는 드론을 수용할 수 있는 무인지상차량이나 4족 로봇에 관한 연구가 있었으나 전체 가용 시간의 장점에 비해 대규모 로봇을 필요로 하여 현장에서 적용하기엔 어려움이 있었다. 본 논문에서는 경량 드론에 장착된 임베디드 웹캠과 영상처리 알고리즘을 사용하여 객체의 한 유형인 마커를 케니 에지알고리즘 및 특정한 템플릿 매칭 방법을 통하여 비행중 실시간 검출한 결과를 보여주며, 지상로봇위에 표시된 마커의 2차원적 위치 정보 획득과 레이저 센서를 이용한 상대거리 확보를 융합하여 지상로봇과 드론간의 도킹을 구현하는 시스템을 제안하였다. 실험을 통하여 제안된 시스템은 50회의 도킹 시도에서 95%의 도킹 성공률을 보였으며 6가지의 템플릿 매칭 방법 중 시스템에 적용할 수 있는 2가지의 템플릿 매칭 방법을 제시하였다.

추후 연구를 통하여 다른 모듈 로봇의 결합도 검토해볼 수 있다 예를 들면 실시간 영상 전송 기술로 사고나 사건이 발생하였을 시 인명 구조를 하기 위한 초반의 상황 파악 및 행동 시간을 뜻하는 골든타임(golden time) 확보에 이점이 있으며 건설현장에서는 4족을 이용해 위험 지역으로 물품 조달에 사용하거나 방법, 농업 분야에서 특수한 기술을 갖는 로봇을 드론과의 도킹을 통해 쉽게 모듈화하고 드론의 활용도를 더욱 증진시킬 수 있다.

References

- [1] Oka Danil Saputra and Soo Young Shin, "Modeling and Roll, Pitch and Yaw Simulation of a Quadrotor," *Korea Institute of Communication Sciences*, pp.21-21, 2013.
- [2] Beck Jong-Hwan, Pak Myeong-Suk, and Kim Sang-Hoon, "Design of Non-linear Controller for Walking Drone," *Korea Information Processing Society Spring Conference 2016*, Vol.23, No.1, pp.851-853, 2016.
- [3] J. M. Maddox, J. R. Sayer, and A. Weimerskirch, "Vehicle Interface Docking System For Dsrc-Equipped User Devices In A Vehicle," U.S. Patent, The Regents of the University of Michigan, 20,160,105,539. 2016.
- [4] R.K.L. Fong and R.A. Baten, "Systems And Methods For A Turbine Trailer Mechanical Docking And Alignment System," U.S. Patent, General Electric Company, 20,160,075,387. 2016.
- [5] Sang-Jin Yi and Jae-Bok Song, "Unmanned Forklift Docking Using Two Cameras," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol.21, No.10, pp.930-935, 2015.
- [6] Beck Jong-Hwan, Park Myeong-Sook, Jeon Jin-Seong, and Kim Sang-Hoon, "Design of Walking Drone for Surveillance," *World IT Congress 2016 JEJU, WorldIT-27*. 2016.
- [7] Song Bong Sub, Myeong-Jun Kim, Jiwook Jeong, and Issac Rhee, "Development of the Disaster Assistance Driving Platform," *Korean Institute of Information Scientists and Engineers Winter Conference 2016*, pp.36-38, 2016.
- [8] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 8, pp.679-698, 1986.
- [9] Gary Bradski, 2008. *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, O'REILLY, pp. 214-219.
- [10] Kim Sin Jung and Jeong Jin Yong, "Recognition of Objects and Automated Driving Using Template matching," *The Journal of the Korean Institute of Communication Sciences*, pp.293-294, 2015.
- [11] M. Adamski, W. Lorenc, and J. Ćwiklak, "Vertical take off reconnaissance unmanned air vehicle," *Navigation and Control Conference (CGNCC)*, IEEE Chinese, pp.986-990, 2014.
- [12] Yoon-Sick Kim and Dae-Hee Hong, "Localization Algorithm using Laser Scanner in indoor Parking Lot with a Map," *Korean Society for Precision Engineering Spring Conference 2016*, pp.143-144, 2016.



백종환

e-mail : kawa0240@hknu.ac.kr
 2015년 한경대학교 정보제어공학과(학사)
 2016년~현 재 국립한경대학교
 전기전자제어공학과 석사과정
 관심분야: 영상 처리, 제스처 제어



박희수

e-mail : pbs7632@hknu.ac.kr
 2016년~현 재 한경대학교
 정보제어공학과 학사과정
 관심분야: 영상처리, 임베디드 시스템



오세령

e-mail : aura1190@hknu.ac.kr
 2016년~현 재 한경대학교
 정보제어공학과 학사과정
 관심분야: Flying mechanism, MCU



신지훈

e-mail : aswert7@hknu.ac.kr
 2016년~현 재 한경대학교
 정보제어공학과 학사과정
 관심분야: MCU, 통신



김상훈

e-mail : kimsh@hknu.ac.kr
 1999년 고려대학교 전자공학과(박사)
 2004년~2005년 University of Maryland,
 College Park, Visiting Professor
 1999년~현 재 한경대학교
 전기전자제어공학과 교수
 관심분야: Image processing, Robot Vision, embedded system