



미니드론의 영상기반 자동 비행 제어에 관한 연구

A Study on the Image-based Automatic Flight Control of Mini Drone

저자 (Authors)	선은혜, 트랜후루엣트, 김동연, 김용태 Eun-Hey Sun, Tran Huu Luat, Dongyeon Kim, Yong-Tae Kim
출처 (Source)	한국지능시스템학회 논문지 25(6) , 2015.12, 536-541 (6 pages)
발행처 (Publisher)	한국지능시스템학회 Korean Institute of Intelligent Systems
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06574680
APA Style	선은혜, 트랜후루엣트, 김동연, 김용태 (2015). 미니드론의 영상기반 자동 비행 제어에 관한 연구. 한국지능시스템학회 논문지, 25(6), 536-541.
이용정보 (Accessed)	부산대학교 164.125.176.63 2016/05/24 15:04 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.

이 자료를 원저작자와의 협의 없이 무단게재 할 경우, 저작권법 및 관련법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

The copyright of all works provided by DBpia belongs to the original author(s). Nurimedia is not responsible for contents of each work. Nor does it guarantee the contents.

You might take civil and criminal liabilities according to copyright and other relevant laws if you publish the contents without consultation with the original author(s).



미니드론의 영상기반 자동 비행 제어에 관한 연구

A Study on the Image-based Automatic Flight Control of Mini Drone

선은혜 · 트랜후루엣 · 김동연 · 김용태[†]

Eun-Hey Sun, Tran Huu Luat, Dongyeon Kim and Yong-Tae Kim[†]

한경대학교 전기전자제어공학과

Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

요 약

본 논문은 실내에서 미니드론의 영상기반 자동 비행 및 이·착륙 제어시스템을 제안한다. 천정 카메라와 지면에 마커가 있는 환경에서 미니드론의 자동 비행 제어시스템을 구성하였다. 천정에 설치된 카메라영상을 기반으로 착륙 위치와 드론을 인식할 뿐만 아니라 드론의 움직임을 추적한다. PC서버는 드론의 위치를 계산하여 드론에 제어 명령을 전송한다. 드론의 비행 제어기는 상태 머신 기법, PID 제어와 웨이포인트-위치 제어기법을 사용하여 구현하였다. 실제 미니드론을 사용하여 제안한 자동제어시스템을 검증하였다. 바닥의 마커를 인식하여 ㄱ, ㄷ, ㅁ자 등의 특정 형상의 궤적을 따라 비행하는 것을 실험으로 확인하였으며, 높이의 차이가 있는 두 개의 착륙지점에도 착륙하는 실험에서도 우수한 성능을 보여 주었다.

키워드 : 미니드론, 영상기반 제어, 실내 자동 비행, 자동 이·착륙

Abstract

In this paper, we propose a the image-based automatic flight control system for the mini drone. Automatic flight system with a camera on the ceiling and markers on the floor and landing position is designed in an indoor environment. Images from the ceiling camera is used not only to recognize the makers and landing position but also to track the drone motion. PC sever identifies the location of the drone and sends control commands to the mini drone. Flight controller of the mini drone is designed using state-machine algorithm, PID control and way-point position control method. From the , The proposed automatic flight control system is verified through the experiments of the mini drone. We see that known makers in environment are recognized and the drone can follows the trajectories with the specific ㄱ, ㄷ and ㅁ shapes. Also, experimental results show that the drone can approach and correctly land on the target positions which are set at different height.

Key Words : Mini Drone, Image-Based Control, Indoor Automatic Flight, Automatic Landing

Received: Nov. 22, 2015

Revised : Dec. 10, 2015

Accepted: Dec. 16, 2015

[†] Corresponding author

ytkim@hknu.ac.kr

본 논문은 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음. [GRRC 환경2011-B01, 스마트물류기술연구센터]

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

무인 항공기란 미리 입력된 경로 및 프로그램에 따라 비행하거나 스스로 주위의 환경을 인식하고 분석하여 자율 비행하는 비행체를 지칭하며, 세계적으로 활발히 연구 중에 있다. 무인 항공기는 광학장비, GPS 등의 기체 탑재 장비들의 다변화를 통해 군사용뿐만 아니라 민간용, 산업용 및 탐사용 등으로 다양하게 응용될 수 있다[1]. 최근 드론은 항공 촬영, 방송 영상 제작, 항공 구조, 물류 배송, 감시, 측량, 방역 방제, 군사용 등으로 그 활용 분야를 점차 확장하고 있다. 이미 엔터테인먼트 분야에서 항공 촬영 및 방송 영상 제작용 드론은 사용자의 조종을 통해 원하는 영상을 제공하며, 최근에는 아마존과 페덱스, DHL 등에서 드론을 이용한 물류 배송실험들이 성공적인 결과로 발표되었다[2-3]. 또한 엔터테인먼트, 군사용, 산업용 등 다양한 분야에서 드론의 활용도가 높아지고 있다.

무인 비행체의 경우 정해진 위치에 도달해 임무 수행 후 다시 지정된 착륙지점으로 회항하는 등 비행 과정에 있어서 제어 기술이 복잡하고 난해하다. 특히 항공 안전사고 중 과반수가 이륙 및 착륙 단계에서 일어나고 있으며, 이러한 사실은 비행체의 이·착륙 제어의 어려움을 나타낸다. 따라서 센서와 제어 기술을 이용해 안전하게 착륙하려는 기술 개발이 진행되어 왔으며, 이와 관련하여 많은 기술들이 개발되어졌다. 현재 비전 센서와 가속도 센서 등을 이용한 드론 조종에 관한 연구, 드론의 카메라를 이용하여 획득 영상과 위치 정보를 지상으로 전송하는 무인기 수색 임무에 관한 연구, GPS를 활용한 드론의 자동비행에 관한 연구, 무인기의 자동 제어 및 자동 이·착륙을 위한 연구가 진행되고 있다. 하지만 대부분의 연구가 고정익 비행체에 국한되어 있고, GPS 및 지상 관제 장비 등 외부의 부가적인 장비를 통하여 자동 착륙을 구현할 수 있다. 따라서 최근에는 부가 장비 없이 오로지 비행체에 탑재된 카메라의 영상 정보만을 이용하여 자동 착륙을 구현하려는 연구가 많이 개발 진행되고 있다 [5-8]. 또한 실외에서 무인기의 연구 뿐 아니라 실내 환경에서의 비행에 관한 연구도 진행되고 있다. 실내 환경에서 드론은 자체 위치인식을 할 때, GPS를 사용할 수 없다. 따라서 영상이나 비콘을 활용한 드론의 실내 비행 등 다양한 연구가 진행되고 있으며, 드론의 자율비행에 관련한 연구와 실내 드론의 비행에 관련해서도 많은 연구가 필요하다. 또한, 실내 비행은 비행 높이에 대한 제약을 고려하여 자율 비행 연구를 진행해야 한다. 특히, 미니드론은 수직 이동 특성과 공중 정지 특성을 가지고 있기 때문에 실내 비행이 가능하고 자율 비행이 가능하다는 점에서 사람의 출입이 어려운 위험 지역에 비행이나 감시가 가능하며, 넓은 공간의 물류센터 내에서 가벼운 운송목록 등 서류의 이동을 통하여 작업자의 편의와 작업효율성을 높일 수 있다.

본 논문에서는 이미지 마커를 인식하는 영상처리기법을 통해 미니드론의 자동 비행시스템을 연구하였다. 실제 미니드론을 사용한 비행 및 이·착륙 실험을 통하여 제안한 자동 비행 시스템을 검증하였다.

2. 미니드론 자동 비행시스템 구성

본 논문의 자동 비행시스템은 그림 1과 같이 천장 카메라와 드론, 지도제작을 위한 바닥의 안내용 마커와 이미지 마커로 구성된다. 천장 카메라는 바닥의 2m×3.5m 공간을 촬영 가능하며, 안내용 마커와 이미지 마커를 인식한다. 사용된 안내용 마커는 A4용지 크기이며, 비행용 이미지 마커는 20cm×20cm이고, 착륙용 이미지 마커도 A4용지 크기를 사용하였다. 지면과 천장 사이의 높이는 3.5m이다. 미니 드론은 PARROT사의 Rolling Spider를 사용한다.

천장카메라는 USB-CAM 720P를 사용하였으며, 30f/s로 이미지를 획득한다. Rolling Spider는 직경 140mm, 프로펠러 직경 55mm, 모터 간격 85mm, 무게 55g의 미니드론이다. 초음파 센서, 3축 자이로스코프 및 가속도계, 수직 카메라, 압력 센서에 포착된 데이터를 모두 융합하여 안정적인 비행이 가능하며, 저

전력 블루투스 연결된다. 리튬 폴리머 전지로 90분 충전하여 연속 8분 비행이 가능하다[10]. Rolling Spider는 쿼드콥터형 비행체로 “X”자형 구조로서 각 프레임 양단에 4개의 독립된 로터가 장착된 형태의 비행체이다. 쿼드콥터는 기구학적으로 대칭적인 구조로 설계되어, 모델링 및 제어가 간단하다는 장점이 있다. 쿼드콥터는 독립된 4개의 로터 회전 속도 차이에 따라 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw)축에 대한 회전력이 결정되며, 전체 로터의 회전 속도에 의해 정축에 대한 추력이 결정된다[11].

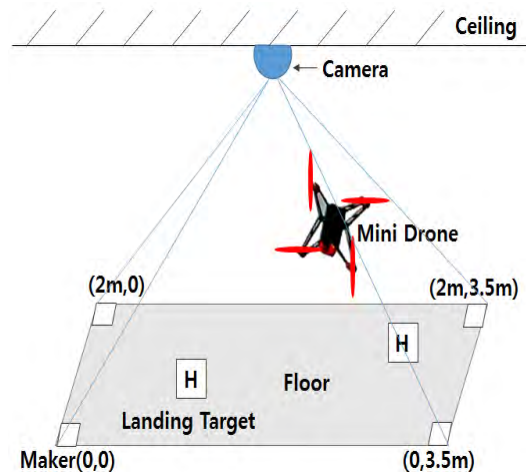


그림 1. 미니드론의 자동 비행시스템 구성

Fig. 1. Configuration of automatic flight system for mini drone

자동 비행시스템 전체 구조는 그림 2와 같다. 천장 카메라의 영상은 USB 통신을 통해 실시간으로 PC로 전송되고, PC에서는 실시간 영상처리를 통해 이미지 마커의 좌표와 드론의 위치, 드론의 센서 정보를 얻는다. 스마트폰의 역할은 PC 서버로부터 드론을 제어하는 것으로 스마트폰을 통해 자동 비행 모드로 자동 제어할 수 있으며, 미니드론을 저전력 블루투스 통신으로 통해 제어한다.



그림 2. 자동 비행시스템 전체 구조

Fig. 2. Overall structure of automatic flight system

3. 자동 비행시스템 동작 방법

미니드론에 자동 비행 모드 명령이 내려지면, 그림 3의 자동 비행시스템 동작 알고리즘에 따라 미니드론이 동작한다. 자동 비행시스템 알고리즘은 목표 마커의 위치와 드론의 위치 파악을 위한 영상처리 알고리즘과 드론의 동작 제어 알고리즘으로 구성된다. 영상처리 부분은 천장카메라로부터 획득한 이미지를 이용하여 드론의 위치와 이동궤적, 목표 마커의 위치를 인식한다. 동작 제어 부분에서는 드론의 위치좌표와 목표 마커의 위치좌표를 일치시키는 동작을 수행하여 올바른 위치로 비행 또는 이·착륙할 수 있도록 제어한다[12].

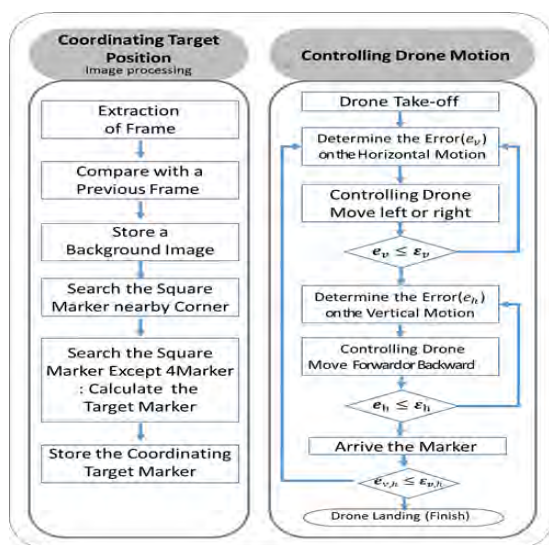


그림 3. 자동 비행시스템 동작 알고리즘

Fig. 3. Operation algorithm of the automatic flight system

3.1 영상 기반 비주얼 서보잉

본 연구에서는 미니드론의 실내 자동 비행을 위해 천장카메라 영상 기반 비주얼 서보잉기법을 이용하였다. 따라서 드론은 항상 실험 환경 내에 위치해 있어야 하며, 가장 자리의 4개의 안내용 마커를 벗어나면 안 된다. 또한, 천장카메라의 화각 내에 위치할 때에만 자동 비행 모드가 동작할 수 있다. 자동 비행 모드에서는 비행하는 드론의 위치 정보뿐만 아니라 높이 정보도 필요하다. 또한 실시간으로 이동하는 드론의 위치 좌표를 인식하고, 드론의 위치를 제어하기 위해 영상처리 속도가 빨라야 한다.

자동 비행 모드는 이미지 마커를 이용하여 비행 동작과 이·착륙 동작을 제어한다[13-16]. 이미지 마커는 그림 4와 같이 비행 마커 두 개와 이·착륙 마커 한 개를 사용한다. 두 개의 이미지 마커를 이용하여 ㄱ, ㄷ, ㄴ자 비행을 수행하고, 이·착륙 마커가 인식된 경우에는 이·착륙을 한다. 그림 4(a)의 사각형 마커가 검출되면 비행 동작으로 첫 번째 좌표 위치로 비행하며, 다음 마커인 그림 4(b)의 원형 마커를 향해 비행한다. 각 비행 마커의 위치에 따라 직선 비행, ㄱ자 비행, ㄷ자 비행, ㄴ자 비행이 가능하다. 그러나 그림 5와 같이 ㄱ, ㄷ, ㄴ자 비행을 수행하기 위해

서는 처음 드론의 위치가 중요하다. 두 개의 이·착륙 마커가 인식될 경우 위치가 가까운 마커에 착륙 후 이륙하여 다음 이·착륙마커를 향해 비행 및 착륙한다.



(a) 첫번째 마커 (b) 두번째 마커 (c) 이·착륙 마커

(a) First marker (b) Second marker (c) Taking off and landing marker

그림 4. 자동 비행을 위한 이미지 마커

Fig. 4. Image marker for automatic flight



(a) ㄱ자 비행 (b) ㄷ자 비행 (c) ㄴ자 비행

(a) ㄱ shape flight (b) ㄷ shape flight (c) ㄴ shape flight

그림 5. 이미지 마커를 이용한 비행제어

Fig. 5. Flight control using image marker

미니드론 인식은 현영상과 이전영상의 차연산을 이용하여 변화를 파악하고 이동경로를 추적하며, 중앙지점을 드론의 위치좌표로 그림 6과 같이 인식한다. 또한 드론의 가장자리를 인식하여 그 반경의 변화를 높이로 인식한다. 마커 인식을 위해 먼저 천장 카메라로부터 획득한 이미지의 차연산을 통해 배경이미지와 드론의 움직임을 분리한다. 안내용 마커는 모서리에서 가까운 쪽의 4개의 사각형으로 분류하고, 비행용 마커와 착륙용 마커는 안내용 마커를 제외한 사각형으로 인식하여 좌표를 구한다. 순서를 결정하는 사각형 마커와 원형 마커는 영상처리로 쉽게 인식하였다.

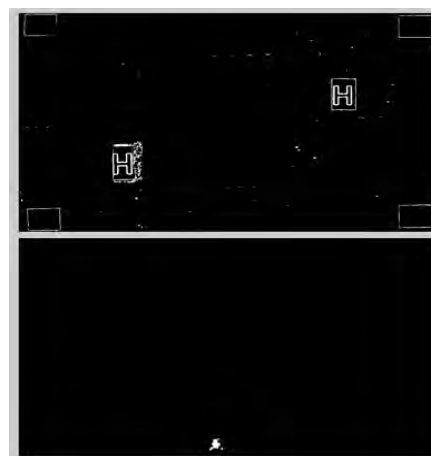


그림 6. 마커 및 미니드론 인식 결과

Fig. 6. Recognition results of marker and mini drone

3.2 미니드론 비행 제어 방법

본 연구에서 동작 제어기는 드론이 주어진 위치로 비행하도록 제어한다.

$$G_{des} = [x_{des}, y_{des}, z_{des}]$$

(x_{des}, y_{des}) 는 주어진 위치이고, z_{des} 는 이·착륙할 때의 높이이다. 드론 제어 방법은 다양하다. 본 연구는 천장에 설치된 카메라 영상을 이용해 드론의 움직임을 추적하여 비행제어를 한다. 그림 7과 같이 드론의 이동시 방향을 판단할 수 없는 경우 제어가 어려워진다. 그래서 드론의 초기 위치에서 특정 방향으로 고정한다. 동작 제어 방법에서는 드론의 방향을 판단하기 위하여 드론을 좌측 또는 우측으로 이동시킨다.

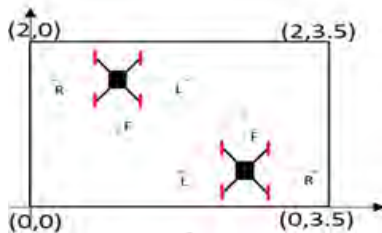


그림 7. 드론의 이동 방향 파악
Fig. 7. Moving direction recognition of the drone

먼저, x_{des} 축과 y_{des} 축 중에 목표까지 더 짧은 거리로 비행한다. 축 목표에 접근한 후, 드론은 앞 또는 뒤로 목표를 향해 비행한다. PID 제어기는 비행하는 드론의 위치와 목표 위치를 추적할 수 있도록 설계하였다. PID 제어기의 출력은 속도 값이다. 그림 8은 드론 제어기의 블록 다이어그램으로 자동 비행 상태에서 목표 위치가 계산된다. 자동 비행 상태 블록 다이어그램은 주제어기 PC로부터 드론의 위치에 의해 결정되는 조건을 통해 드론을 제어하기 위한 적당한 상태를 제공하는 상태 머신 알고리즘을 사용한다. 명령 함수의 집합 S는 전방비행, 후방비행, 좌측비행, 우측비행, 상승비행, 하강비행, 회전비행 등의 명령을 포함한다.

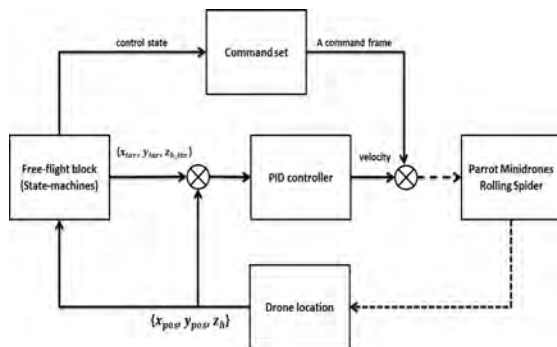


그림 8. 드론 비행 제어기 블록 다이어그램
Fig. 8. Block diagram for drone flight controller

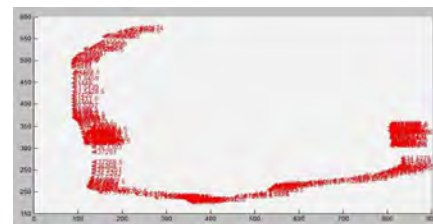
본 논문에서는 웨이포인트-위치 제어 기법을 직접적으로 궤적-추적-행동을 생성하기 위해 사용하였다. 원하는 경로는 연속적인 중간 점의 순서로 드론의 웨이포인트의 집합으로 분류된다. 원활한 경로에 근사하게 가로지르는 것은 각 지점에서 0.5초간

호버링하면서 지정된 목표로 비행한다. 본 논문에서는 7자 비행, ㄷ자 비행, ㄱ자 비행을 제어 목표로 제어기를 구현하였다.

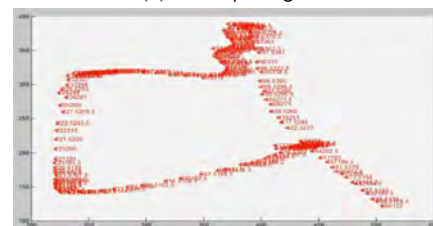
4. 실험 결과 및 고찰

자동 비행시스템 실험을 위해 그림 1과 같은 실험환경을 구축하여 진행하였다. 천장에 카메라를 설치하고, 바닥의 각 모서리 지점에 각각 A4용지로 인쇄용 마커를 부착하였다. 본 논문에서는 자동 비행 모드에 이미지 마커에 따라 비행 실험과 이·착륙 실험을 진행하였다.

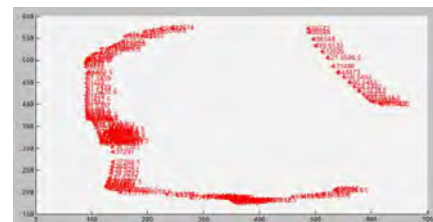
그림 9는 드론의 이동 궤적을 나타낸 것이다. 그림 5와 같이 비행용 이미지 마커를 이용하여 7자 비행, ㄷ자 비행, ㄱ자 비행 실험을 진행한 실험 결과이다. 제시한 그림 3의 동작알고리즘을 따라 먼저 자신의 위치와 방향을 인지하고 첫 번째 마커를 향해 수직선상의 오차를 줄이며 수평 비행하고, 수평선상의 오차를 줄이며 수직 비행하여 7자 비행, ㄷ자 비행, ㄱ자 비행을 수행한다. 웨이포인트 위치제어를 통해 드론이 카메라에서 벗어나도 7자, ㄷ자, ㄱ자 비행하는 것을 볼 수 있었다. 그림 10은 자동 비행시스템의 ㄱ자 비행 결과이며, 이미지 마커를 따라 비행하는 것을 볼 수 있다.



(a) 7자 비행
(a) 7shape flight



(b) ㄷ자 비행
(b) ㄷshape flight



(c) ㄱ자 비행
(c) ㄱshape flight

그림 9. 자동 비행시스템 실험 결과

Fig. 9. Experiment result of automatic flying system

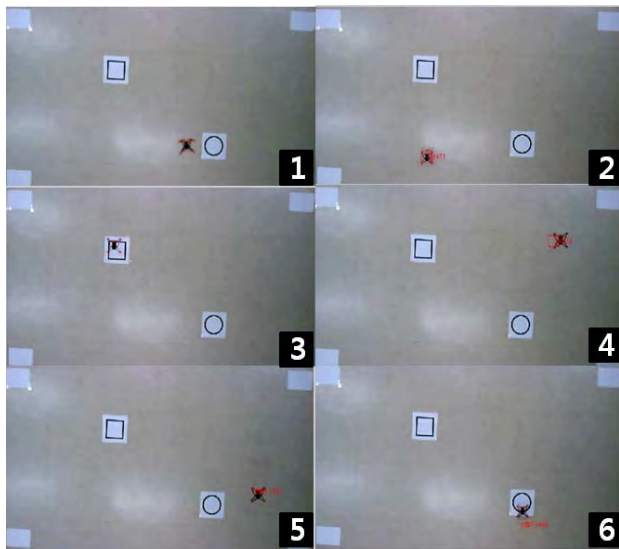


그림 10. 자동 비행 실험 결과
Fig. 10. Experimental result of automatic flight

그림 11은 자동 비행시스템의 착륙 실험 결과이다. 두 개의 착륙 마커는 지면과 지면위의 50cm 높이에 위치해 높이를 달리하여 진행하였다. 드론은 두 마커의 중간지점에 위치하며, 가까운 착륙지점에 착륙한 뒤 이륙하여 나머지 착륙지점으로 향한다. 미니드론은 4개의 안내용 마커를 이탈하지 않았으며, 두 착륙 지점에 착륙하는 것을 확인할 수 있었다. 위치가 가까운 착륙 마커에 착륙한 후, 다음 착륙 마커를 향해 비행하는 것을 볼 수 있었다.

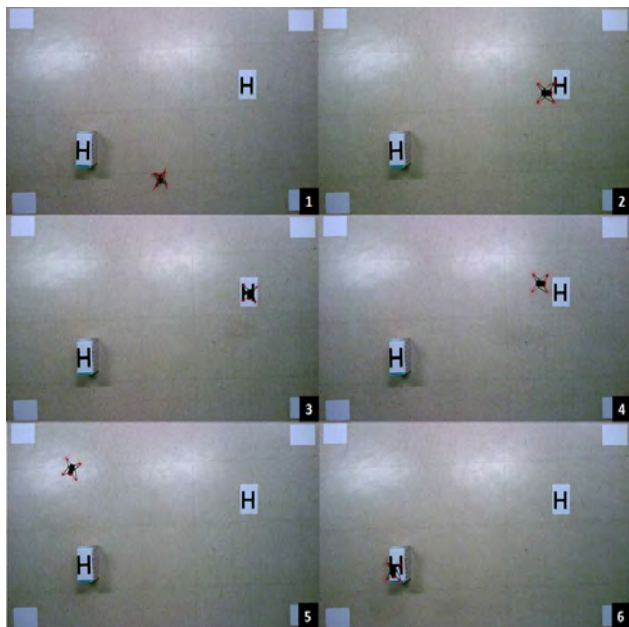


그림 11. 자동 착륙 실험 결과
Fig. 11. Experiment result of automatic landing

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 천장에 카메라를 설치하여 미니드론의 위치를 추정하고, 바닥의 마커를 인식하는 영상처리방법을 통해 7자 비행, ㄷ자 비행, ㄱ자 비행하고, 착륙위치에 이·착륙하는 미니드론의 자동 비행 및 착륙시스템을 제안하였다. 마커를 사용하는 경우에 보다 정확한 위치를 확보할 수 있고, 간단한 알고리즘을 통해 현재 위치를 확보할 수 있다. 하지만, 이 경우 마크가 존재해야 한다는 가정이 들어가기 때문에 불특정 공간에 적용하기가 어렵다. PID 제어와 웨이포인트-위치 제어를 통하여 위치를 보정할 수 있었고, 이를 통해 카메라 화각에서 벗어난 경우에도 자동 비행이 가능했다. 본 논문에서 제안한 자동 착륙 알고리즘은 착륙 지점이 두 개인 경우에도 성공적으로 수행하는 것을 실제 실험으로 검증하였다.

앞으로 영상을 처리할 수 없는 상황에서 미니드론의 위치 검출을 위해 무선통신 신호를 사용하는 실내 자율 비행 제어기 설계 방법을 연구할 예정이다.

References

- [1] P. J. Kim, H. J. Kim, "Design of an Image-Based Quadrotor Controller for Automatic Landing on Shipboard", *The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences*, pp.442-446, 2013,11
- [2] Anh Kim Tran, K. J. Kim, Tan Lam Chung, H. K. Kim, S. B. Kim, "Path Design Method of Mobile Robot for Obstacle Avoidance Using Ceiling-mounted Camera System and Its Implementation", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 21, No.8, pp. 73-82, 2004
- [3] D. H. Jeong, J. H. Yoon, Y. T. Kim, "Fuzzy Visual Navigation Method for Autonomous Freight Transportation Robot", *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol.269, pp.71-81, 2013
- [4] Airplanes(Boeing), Commercial, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents 1959~2014" 2015,8
- [5] J. O. Park, J. H. Sul, S. C. Kim, Y.D. Lim, "Flight Attitude Control of using a Fuzzy Controller", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 13, No. 1, pp.91-96, 2003,2
- [5] D. Y. Kim, D. M. Kim, J. Y. Suk, "Vision Processing for Precision Autonomous Landing Approach of an Unmanned Helicopter", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol. 15, No.1, pp. 54-60, 2009
- [6] J. G. Han, T. S. Jin, "Dynamic Modeling based Flight Control of Hexa-Rotor Helicopter System", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 25, No. 4,

- pp.398-404, 2015.8
- [7] M. G. Yoo, S. K. Hong, "Target Tracking Control of a Quadrotor UAV using Vision Sensor", *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 40, No. 2, pp. 118-128, 2012
 - [8] S. H. Kim, D. Y. Yun, "A Design of Fire Monitoring System Based On Unmanned Helicopter and Sensor Network", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 17, No. 2, pp.173-178, 2007.4
 - [9] S. K. Kang, J. W. Choi, T.S. Jin, "Performance Enhancement of the Attitude Estimation using Small Quadrotor by Vision-based Marker Tracking", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 25, No. 5, pp.444-450, 2015.10
 - [10] <http://www.parrot.com/kr/products/rolling-spider/>
 - [11] H. S. Shi, H. Park, H. H. Kim, K. H. Park, "Vision-Based Trajectory Tracking Control System for a Quadrotor-Type UAV in Indoor Environment", *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol.39, No.1, pp.48-49, 2014.1
 - [12] E. H. Sun, Tran Huu Luat, Y. T. Kim "A Study on the Image-based Automatic Landing System of Mini Drone", *Proceedings of KIIS Autumn Conference 2015*, Vol.25, No.2, pp. 101-102, 2015.10
 - [13] S. T. Moon, D. H. Cho, S. H. Han, "Image-based Localization Recognition System for Indoor Autonomous Navigation", *Aerospace Engineering and Technology*, Vol.12, No.1, pp.128-136, 2013.7
 - [14] K. S. Gwak, J. H. Park, H. I. Chae, S. W. Han, H. U. Lim, K. N. Choi, "AR, Drone Wireless Control System Based on the Color Recognition on Android", *Proceedings of Korean Society For Internet Information*, pp.189-190, 2013.11
 - [15] D. Y. Lee, G. H. Moon, B. Y. Lee, D. Y. Yoo, H. I. Lee, M. J. Tak, "QR code Reconnaissance Mission Study using Color detection", *Proceedings of The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences*, pp.1406-1409, 2014.11
 - [16] Sarah Yifang Tang, "Vision-Based Control for Autonomous Quadrotor UAVs" *Princeton University Senior Thesis*, 2013.2

저 자 소 개



선은혜(Eun-Hey Sun)

2013년 : 한경대학교 정보제어공학과 공학사
 2015년 : 한경대학교 전기전자제어공학과 공학석사
 2015년~현재 : 한경대학교 대학원 전기전자 제어공학과 박사과정

관심분야 : 지능시스템, 지능로봇, 영상처리,
 Phone : +82-31-678-4727
 E-mail : ehsun@hknu.ac.kr



트랜후루엣트(Tran Huu Luat)

2010년 : Ho Chi Minh City University of Science 공학물리학과 공학사
 2014년 : 한경대학교 전기전자제어공학과 공학석사
 2015년~현재 : 한경대학교 대학원 전기전자 제어공학과 박사과정

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 자동제어
 Phone : +82-31-678-4727
 E-mail : tranhuuluat@hknu.ac.kr



김동연(Dongyeon Kim)

1986년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1988년 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
 1995년 : 연세대학교 전자공학과 공학박사
 1988년~1996년 : (주)테이콤
 1996년~현재 : 국립한경대학교 전기전자 제어공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터네트워크
 Phone : +82-31-670-5194
 E-mail : dykim@hknu.ac.kr



김용태(Yong-Tae Kim)

1991년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사
 1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
 1998년~2000년 : (주) 삼성전자
 2006년 : Univ. of Illinois at

Urbana-Champaign 방문연구
 2002년~현재 : 국립 한경대학교 전기전자제어공학과 교수

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 지능제어, 물류자동화
 Phone : +82-31-670-5292
 E-mail : ytkim@hknu.ac.kr