

논문 2023-18-10

RTK를 이용한 회전익 드론 정밀 착륙 실험

(Experiments of RTK based Precision Landing for Rotary Wing Drone)

김 영 규, 장 진 웅, 이 종 휘, 유 종 호, 백 승 현, 김 대 년*

(Young-Kyu Kim, Jin-Woung Jang, Jong-Hee Lee, Jong-Ho Yoo, Seungh Hyun Paik, Dae-Nyeon Kim)

Abstract : Unmanned drone stations for automatic charging have been developed in order to overcome the flying time limitation of rotary wing drones. Since the drone stations is an unmanned operating system, each of the drones will be required to have a high degree of landing accuracy. Drone precision landing has been mainly studied depended on image processing technologies, but the image processing systems make several problems, such as the mission weight, the drone cost, and the development complexity increases, and the flight time decrease. Thus, this paper researched accuracy of precision landing based on RTK (real time kinetics) for rotary wing drones. For the experiments of RTK based precision landing, a drone repeatedly performed three missions. The survey accuracies of the RTK about missions respectively were set as 0.3, 0.2, and 0.1 meters. Each mission has one take-off point, two way-points and one landing-point, and was repeated ten times. The experiment results revealed landing error distance means of around 0.258, 0.12 and 0.057 meters on each of RTK setting.

Keywords : Drone, Rotary wing drone, Drone landing, Precision landing, RTK

1. 서 론

회전익 드론 (rotary wing drone)은 자유로운 방향전환과 수직이착륙이 가능하기 때문에 지상의 구조물 및 지형에서 비롯되는 많은 제약을 극복할 수 있다. 뿐만 아니라 위치정보를 이용하는 회전익 드론은 높이와 위치를 정교하게 유지하는 호버링 (hovering)이 가능하므로, 관측, 감시, 측량과 같은 다양한 산업군에 널리 이용될 전망이다 [1-4].

사회적으로 요구되는 드론의 임무수행 환경은 시, 도 단위로 점점 넓어지고 있으며, 이러한 요구에 부응하기 위해 드론 비행시간을 향상시키기 위한 기술들이 연구 개발 되고 있다. 뿐만 아니라, 드론이 수행해야 할 임무 복잡도 역시 함께 높아짐에 따라 고해상도 카메라, 열화상카메라, 병렬처리 기반 미션컴퓨터 (mission computer), 라이다 (LIDAR), laser imaging, detection, and ranging), 각종 전자장치 등 드론 임무 중량이 증가하고 배터리 소모 역시 커지고 있다 [5]. 비행시간은 배터리팩 (battery pack)의 경량화 기술과 배터리 용량 (mAh)에 결정적이다 [6, 7]. 하지만 배터리 용량과 배터리 무게 및 크기는 이윤배반 (trade-off) 관계이기 때문에 드론에 요구되는 이상적인 배터리를 단기간에 개발하기는 어려운 상황이다 [7, 8]. 따라서 산업용 드론으로 사

용되고 있는 회전익 드론의 임무 수행 가능시간이 부족해지는 현 상황을 극복하기 위한 방안으로 조종사의 관여 없이 무인으로 충전을 할 수 있는 드론스테이션을 활용하여 자동이착륙 가능한 드론으로 충전과 임무수행을 반복하는 방안이 제시되고 있다.

회전익 드론의 임무 반경 및 임무수행 시간 한계를 극복하기 위하여 자동 충전이 가능한 무인 드론스테이션이 제안되고 개발되고 있다 [6, 9]. 특히 드론의 자율비행 성능이 개선됨에 따라 드론 충전스테이션 (drone charging station)과 이를 운용하는 군집 비행을 통한 드론 활용 방안들이 주목받고 있다. 이러한 드론스테이션 (drone station)의 운영을 위해서는 드론스테이션의 충전베드 (charging bed) 위로 안전하고 정확하게 착륙할 수 있는 고도의 자동-정밀착륙 성능이 드론 각각에게 요구된다. 특히 자동충전을 위해서는 배터리와 충전단자의 결합이 전제되므로 정밀착륙의 정확도는 더욱 정밀해져야 한다. 최근 드론의 정밀착륙은 위치정보 시스템의 오차를 극복하기 위하여 카메라와 영상처리 기술을 이용하여 구현하는 방식이 주로 제안되었다 [4, 10, 11].

영상을 이용한 정밀착륙은 착륙지점까지는 GPS를 기반으로 비행을 하고, 착륙지점에 대한 인식과 착륙과정에서 위치 보정은 영상을 이용하여 수행한다. 이를 위해서는 착륙지점에 드론의 영상처리 시스템이 인식할 수 있는 표식이 필요하다. 뿐만 아니라 드론이 착륙할 때 착륙 목표지점을 설정된 ROI (region of interest)에 멩히게 유지하면서 위치 보정을 수행하는데, 이때 착륙 목표지점에 가까이 다가갈수록 픽셀에 멩히는 영상이 정밀 착륙 보정을 할 수 없게 확대되거나 카메라 포커스 (focus)가 맞지 않는 문제가 있기 때문에 이를 보완할 수 있는 표식에 대한 해결책이 필요하

*Corresponding Author (dnkim@gitc.or.kr)

Received: Dec. 1, 2022, Revised: Dec. 30, 2022, Accepted: Jan. 12, 2023.

Y. K. Kim, J. H. Yoo, S. H. Paik: Gyeongbuk Institute of IT Conversions Industry Technology (Research engineer)

J. W. Jang: D-Makers AutoPilot (CEO)

J. H. Lee: Kyungwoon University (College student)

D. N. Kim: Gyeongbuk Institute of IT Conversions Industry Technology (Senior Research Engineer)

※ 본 연구는 국토교통부 '공공혁신조달 연계 무인이동체 및 SW 플랫폼 개발사업'의 연구비지원 (21DPIW-C164947-01)에 의해 수행되었습니다.

다. 뿐만 아니라 영상을 이용한 정밀착륙은 착륙지점의 자연환경 (빛 반사, 음영) 영향으로 인한 인식 오류가 발생할 수 있다. 최근에는 특수하게 고안된 표식을 사용하거나, 딥러닝 (deep learning) 기술을 이용하여 표식을 인식하고 자세를 보정하는 연구들이 많이 발표되고 있다 [4, 11].

정밀착륙을 위해 영상을 이용하는 방식은 영상처리 컴퓨터, 카메라, 짐벌 (gimbal) 등의 추가적인 장비가 드론에 탑재되어야하기 때문에 드론의 임무장비 중량이 증가하며, 따라서 드론 비행시간 단축, 제작비용 상승 등의 오버헤드 (overhead)를 야기한다. 또한 환경변수 적응 능력의 한계로 인한 인식 오류 등으로 시스템 오작동의 원인이 될 수 있다. 이러한 문제를 보완하기 위해 본 논문은 경량의 소형드론으로 RTK (real time kinematic) 기반의 정밀착륙 시스템을 구현하고 실험하였다. 본 논문의 실험은 RTK 측위 정확도 (survey accuracy)를 0.3 m, 0.2 m, 0.1 m로 다르게 설정하면서, 각각의 RTK 측위정확도에서 드론 정밀 착륙 오차가 어떻게 변하는지 실험하고 비교하였다.

II. 실험 환경

본 장에서는 RTK 기반의 정밀 착륙을 위한 실험에 대해 소개한다. 실험환경은 비행 현장에 RTK base를 설치하여 실험에 필요한 측위정확도를 사전에 설정하였으며, 드론기체는 기존 산업용 드론과 유사한 사양에서 RTK 수신기를 추가하였다. GCS (ground control station)는 RTK base와 연결하여 RTK 신호를 드론에 전송할 수 있게 하였다.

본 논문의 실험에 사용한 드론은 450 mm 소형 기체이다. 드론의 실물 모습은 그림 1과 같다. 모터는 약 950g 추력을 가지는 BLDC (brushless motor DC) 모터 4개를 사용하였으며, 모터를 제어하기 위하여 20A 출력의 ESC (electric speed control)를 4개 사용하였다. 프로펠러는 1045 규격 (직경 10인치, 피치 (pitch) 45도 각도) 4개를 사용하였다.



그림1. 본 논문의 드론 사진

Fig. 1. A picture of the drone in this paper

FC (flight controller)는 픽스호크 큐브 (Pixhawk CUBE) 계열을 사용하였으며, 펌웨어 (firmware)와 GCS 는 아두파일럿 (ardupilot)의 쿼드콥터 (quadcopter) 및 미션 플래너 (mission planner)를 사용하였다 [12, 13]. 드론기체는 기존 산업용 드론 기체의 제작법을 따라 개발하였고 RTK 수신 을 위해 RTK 신호처리가 가능한 GPS 수신기를 장착하였다. 미션 플래너는 비행 안정성을 위한 파라미터 설정 외에도 정밀착륙을 위해 목표지점 체공시간, 목표지점 오차 허용 반경 등의 파라미터를 비행실험을 통해 획득된 데이터로 설정하였다. RTK base는 HERE+ RTK GNSS를 사용하였으며, RTK 수신기는 HERE3를 사용하였다. RTK base, RTK 수신기, GCS, 드론 간의 연결은 그림 2와 같다. RTK base와 GCS는 시리얼 통신 (RS-232)으로 연결되며, GCS와 드론은 무선 텔레메트리 (telemetry)를 통해 연결된다. RTK 수신기는 드론에 장착되어 CAN (controller area network) 통신으로 정보를 교환한다. 본 논문의 드론은 RTK 비행에 필요한 최소한의 부품들로 제작되었으며, 영상 획득 및 처리를 위한 전자 장비는 모두 제거하였다.

RTK base는 카메라 지지대를 사용하여 지상으로부터 1.5 m 이격하여 설치하였으며, 측위 정확도는 0.3 m, 0.2 m, 그리고 0.1 m를 사용할 수 있게 측위 결과를 준비하였다. 그림 3은 RTK base가 측위 및 보정 중인 상태로 미션 플래너의 RTK 설정 및 GNSS (global navigation satellite system) 위성 수신 상태를 확인 할 수 있다.

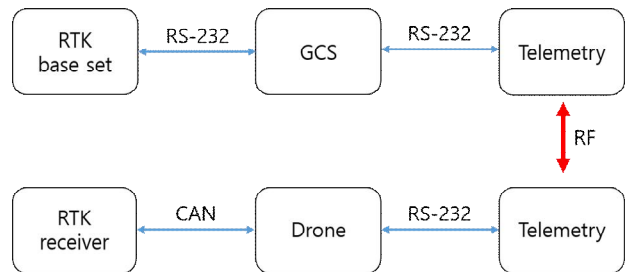


그림 2. 실험 시스템 구성

Fig. 2. Consist of the experiment system

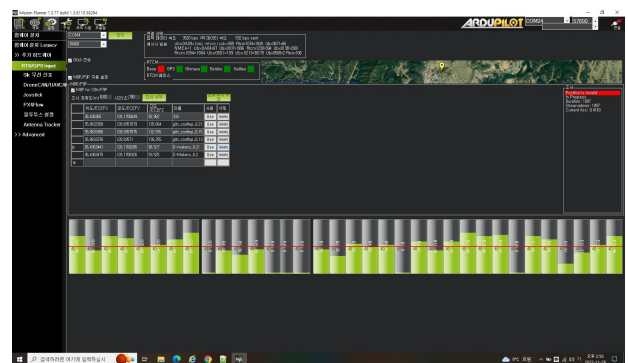


그림 3. RTK 측위 중인 미션 플래너

Fig. 3. The mission planner during RTK survey



그림 4. 드론 정밀착륙 실험 환경
Fig. 4. The experimental environment for the drone precision landing

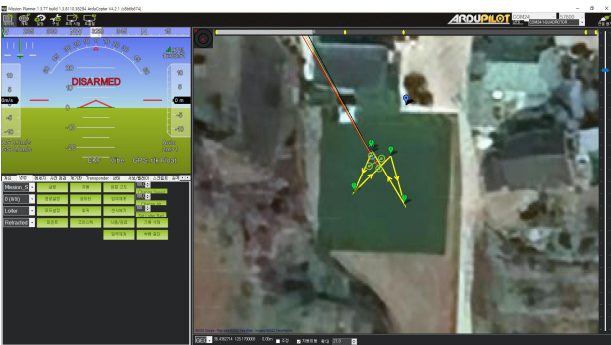


그림 5. 미션 플래너의 경유지 설정
Fig. 5. The plan setting of the mission planner

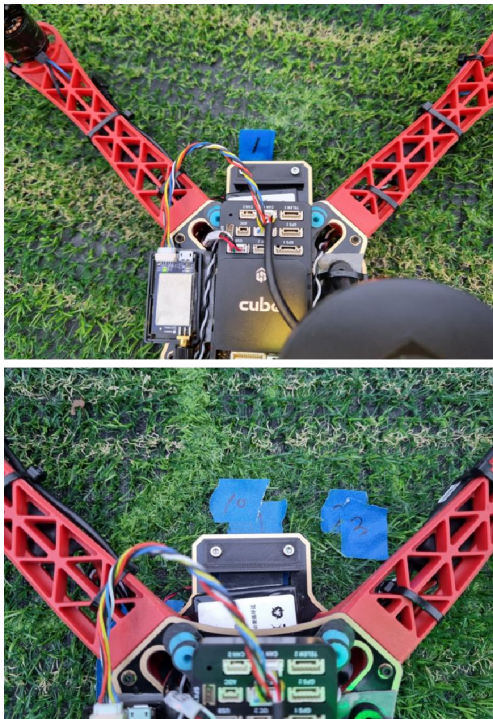


그림 6. 정밀착륙지점 표시 방법
Fig. 6. The marking method of precision landing points

그림 4는 RTK base 구축 상태 및 드론 정밀착륙 실험 중 촬영한 사진이다. 드론은 RTK 유효반경 밖에서는 GNSS 위성정보들을 토대로 비행하며, RTK 유효반경 내로 들어오면 RTK 정보를 토대로 보정된 위치정보를 사용하여 비행한다.

드론 정밀착륙 실험을 위해서는 사전에 지정된 하나의 착륙 지점에 조건을 변경하면서 착륙하는 실험을 반복해야 한다. 이를 위해 본 논문은 미션 플래너에서 경유지 (way point) 선회비행 (mission flight)을 설정하여 정밀착륙 실험을 진행하였다. 미션 플래너의 선회비행 계획은 경유지 네 개를 지정하여 설정하였는데, 첫 번째 경유지는 이륙 (take off) 지점, 두 번째와 세 번째 경유지는 경유 지점, 네 번째 경유지는 착륙 (landing) 지점으로 설정하였다. 미션 플래너의 매개변수 (parameters) 설정을 통해 드론이 경유지에 충분히 머물도록 설정하여 드론이 RTK 수신 정보에 따라 지정된 경유지에 더욱 정밀하게 이동할 수 있게 고려하였다.

경유지 설정에 대한 미션 플래너 상태는 그림 5와 같다.

III. 실험 결과

앞 장에서 설명했던 실험환경에서 RTK 기반의 정밀착륙 오차를 측정할 수 있는 실험을 진행하였다. 실험 방법은 RTK의 측위 정확도를 0.3 m, 0.2 m, 0.1 m로 변경하며, 사전에 설정된 네 개의 경유지를 각 정확도마다 10회씩 선회비행하고 최초 착륙 지점과의 오차를 측정하였다. 그리고 그림 6과 같이 착륙한 드론의 전방 지점에 푸른색 집착 종이로 착륙지점을 표시하고 실험 순번을 집착 종이에 기입하였다.

착륙 오차 측정 방법은 세 개의 RTK 측위 정확도마다 수행했던 10회 착륙 결과들에서, 첫 번째 착륙 지점을 기준으로 하여 이후 착륙결과들과의 거리를 측정하여 착륙오차를 구하였다. 이러한 측정방법은 첫 번째 착륙 오차가 이후 실험 결과들에 부정적인 영향을 미친다. 하지만 첫 번째 착륙의 오차 정도를 판단할 수 있는 절대적인 위치정보 역시 획득하기 어렵기 때문에 본 논문은 첫 번째 착륙 지점이 미션 플래너의 정확한 착륙 지점이라 가정하였다. 따라서 본 논문은 첫 번째 착륙 지점을 기준으로 오차 측정 정도를 판단하였고, 동일한 실험을 반복하는 방법으로 실험의 문제점이 야기하는 부정적인 부분을 완화시켰다. 측정된 결과는 평균으로 나타내어 각각의 RTK 측위 정확도에 대한 착륙 오차를 산정하였다. 그림 7, 8, 9 및 표 1, 2, 3은 설정된 RTK 측위 정확도 각각에서 정밀 착륙했던 결과를 나타낸다.

RTK 0.3 m 정확도에서 정밀 착륙 실험 결과, 최소 오차 거리는 0.04 m이고, 최대 오차거리는 0.55 m로 측정되었다. RTK 0.2 m 정확도에서 최소 오차거리는 0.06 m이고, 최대 오차거리는 0.16 m로 측정되었으며, RTK 0.1 m 정확도에는 최소 및 최대 오차거리가 0.02 m 및 0.09 m로 각각 측정되었다. 드론 비행 실험은 기상과 관련된 외부 환경 요인의 영향을 많이 받으며, 특히 RTK 기반 정밀 착륙은 GNSS 수신 상태가 실험 결과에 큰 영향을 줄 수 있다. 이러한 조

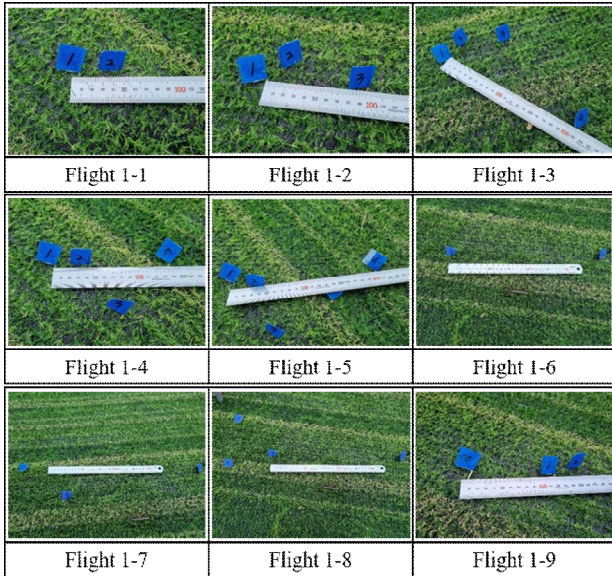


그림 7. RTK 0.3 m 정확도에서 정밀 착륙 결과
 Fig. 7. The precision landing results on 0.3 m survey accuracy of the RTK

표 1. RTK 0.3 m 정확도에서 정밀 착륙 측정 결과
 Table 1. Measurement results of precision landings on 0.3 m survey accuracy of the RTK

Measurement section (Way-point number)	Landing error distance on 0.3 m RTK accuracy
1 - 2	0.04 m
1 - 3	0.1 m
1 - 4	0.21 m
1 - 5	0.14 m
1 - 6	0.21 m
1 - 7	0.42 m
1 - 8	0.55 m
1 - 9	0.52 m
1 - 10	0.12 m

건들이 실험 결과에 미치는 영향을 완화하기 위하여 RTK 정확도 각각에 대해 시간을 두고 10회 반복 실험하였으며, 실험 결과들의 평균 오차 거리를 구하여 결과를 비교해 보았다. 실험 결과의 평균 오차는 표 4와 같다.

착륙 오차거리 평균은 RTK 정확도 0.3 m에서는 0.258 m, 0.2 m에서는 0.12 m, 그리고 0.1 m에서는 0.057 m를 기록하였다. RTK 정확도 0.3 m 및 0.2 m의 착륙결과에서는 설정된 RTK 정확도를 벗어나는 실험 결과가 나타나기는 했지만 평균오차거리는 설정 값을 만족하였다. RTK 정확도 0.1 m에서 평균오차거리가 가장 작은 값을 기록하며 착륙정확도가 가장 우수함을 보였다. 본 논문의 실험은 착륙 지점 표시 방법 및 오차거리 측정 방법, 그리고 실험이 야외에서 진행되어야 하는 점 등이 높은 신뢰성의 실험 결과를 도출하기에는 부족하다. 특히 첫 번째 착륙지점을 착륙오차를 측정하는 기준으로 정한 오차거리측정 방법은 왜곡된 실험 결과를 야기할 수 도 있다. 하지만 본 논문은 가장 우수한

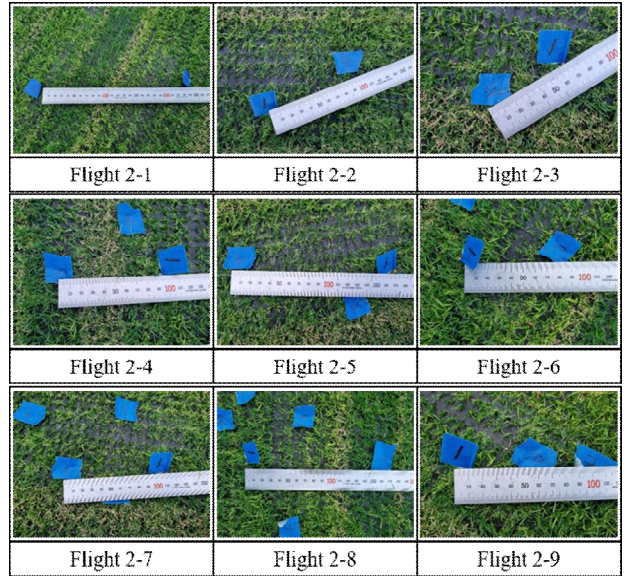


그림 8. RTK 0.2 m 정확도에서 정밀 착륙 결과
 Fig. 8. The precision landing results on 0.2 m survey accuracy of the RTK

표 2. RTK 0.2 m 정확도에서 정밀 착륙 측정 결과
 Table 2. Measurement results of precision landings on 0.2 m survey accuracy of the RTK

Measurement section (Way-point number)	Landing error distance on 0.2 m RTK accuracy
1 - 2	0.24 m
1 - 3	0.1 m
1 - 4	0.07 m
1 - 5	0.11 m
1 - 6	0.18 m
1 - 7	0.08 m
1 - 8	0.08 m
1 - 9	0.16 m
1 - 10	0.06 m

값을 기록하기 위한 실험이라기보다는 동일한 실험을 거듭 반복하여 그 결과들을 통해 RTK 측위 정확도에 따른 드론 착륙 정확도의 정도를 추산하기 위한 실험을 진행하였다. 이러한 실험결과는 회전익 드론이 RTK 기반의 정밀 착륙을 수행 할 시, RTK 측위 정확도에 따른 대략적인 착륙 정확도를 가늠할 수 있는 실험결과를 제공할 수 있는 것에 의의를 가진다.

N. 결론

본 논문은 RTK를 이용하여 회전익 드론의 정밀착륙 시스템에 대해 구현하였고, 구현한 시스템의 정밀착륙 정확도에 대해 실험하였다. 실험 내용은 RTK base가 구축된 드론 스테이션에 RTK 수신기가 장착된 드론이 정밀착륙을 하는 상황을 가정하여 실험하였으며, RTK 측위 정확도 0.3 m,

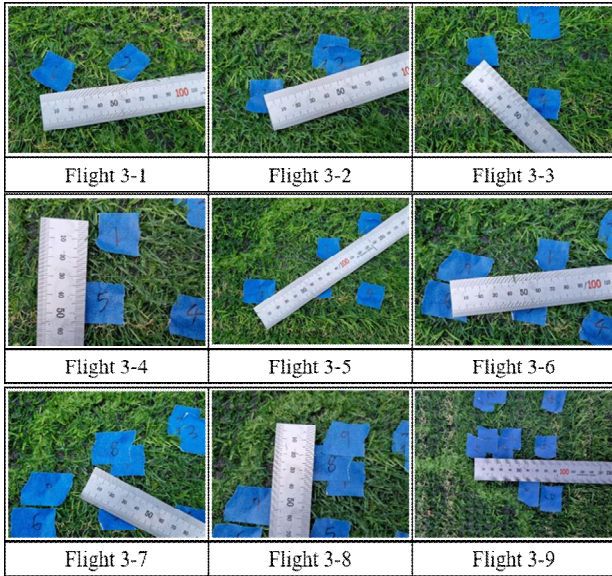


그림 9. RTK 0.1 m 정확도에서 정밀 착륙 결과
Fig. 9. The precision landing results on 0.1 m survey accuracy of the RTK

표 3. RTK 0.1 m 정확도에서 정밀 착륙 측정 결과
Table 3. Measurement results of precision landings on 0.1 m survey accuracy of the RTK

Measurement section (Way-point number)	Landing error distance on 0.1 m RTK accuracy
1 - 2	0.07 m
1 - 3	0.06 m
1 - 4	0.06 m
1 - 5	0.05 m
1 - 6	0.09 m
1 - 7	0.07 m
1 - 8	0.02 m
1 - 9	0.03 m
1 - 10	0.06 m

표 4. 실험 결과 비교
Table 4. Comparisons of the experimental results

	RTK Acc. 0.3 (m)	RTK Acc. 0.2 (m)	RTK Acc. 0.1 (m)
Mean value	0.258	0.12	0.057

0.2 m, 0.1 m 각각에 대해 총 10회의 착륙 실험을 실시하였다. 실험 결과, 고가의 영상처리 장비들을 탑재하지 않은 경량-소형 드론이 RTK 측위 정확도 0.3 m, 0.2 m, 0.1 m 각각에서 평균 착륙 오차 0.258 m, 0.12 m, 0.057 m를 보였다. 본 논문의 실험결과로 보였던 오차 반경은 드론스테이션에 정밀착륙 해야 하는 드론이 충전 배드 크기에 따라 효율적으로 운영할 수 있는 데이터로 활용될 수 있다. 이러한 연구결과가 더욱 정밀한 드론 착륙 기술 개발에 기여할 수 있기를 기대한다.

References

- [1] Y. J. Kim, J. H. Oh, C. N. Lee, "Electric Power Line Dips Measurement Using Drone-based Photogrammetric Techniques," Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 35, No. 6, pp. 453-460, 2017 (in Korean).
- [2] I. Kang, T. Kim, "Accuracy Evaluation of 3D Slope Model Produced by Drone Taken Images," Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 21, No. 6, pp. 13-17, 2020 (in Korean).
- [3] E. H. Sun, T. H. Luat, Y. T. Kim, "A Study on the Image-based Automatic Landing System of Mini Drone," Proceedings of Korean Institute of Intelligent Systems Fall Conference 2015, Vol. 25, No. 2. pp. 91-92, 2015 (in Korean).
- [4] Y. K. Kim D. Choi, S. H. Paik, S. W. Jung, D. N. Kim, "Implementation of Deep Learning based Automatic Landing System for Docking on Rotary Wing Drone Contact Charging Stations," Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 18, No. 10, pp. 45-53, 2020 (in Korean).
- [5] J. A. Besada, L. Bergesio, I. N. Campaña, D. Vaquero-Melchor, J. López-Araquistain, A. M. Bernardos, J. R. Casar, "Drone Mission Definition and Implementation for Automated Infrastructure Inspection Using Airborne Sensors," Sensors, Vol. 18, No. 4, 1170, 2018.
- [6] Y. K. Kim, H. H. Jung, D. N. Kim, T. C. Kang, "Design and Implementation of Drone Station Charging Bed Structure for Rotary Wing Drones," Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 20, No. 6, pp. 41-50, 2022 (in Korean).
- [7] K. Choi, S. Choi, S. K. Youm, Y. S. Cho, "Implementation of Battery Management Circuit to Improve Flight Time for Unmanned Aerial Vehicles," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 45, No. 2, pp. 285-288, 2020 (in Korean).
- [8] T. Min, S. M. Chang, "Consideration on the Limitation of Battery for a Rotary-wing Drone," Proceeding of The Korean Society of Propulsion Engineers Fall Conference 2018, pp. 327-331, 2018 (in Korean).
- [9] S. H. Hong, J. Y. Lee, D. H. Shin, J. Hahm, K. H. Seo, J. H. Suh, "A Study on Improving the Sensitivity of High-Precision Real-Time Location Receive based on UWB Radar Communication for Precise Landing of a Drone Station," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 39, No. 5, pp. 323-330, 2022 (in Korean).
- [10] M. J. Lee, S. G. Shin, J. Y. Kim, S. Jang, S. Han, C. H. Choi, W. S. Cho, J. Lee, S. H. Kim, "Drone Control System based on AI and Vision Techniques for Suppression of Forest Fire," Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 20, No. 1, pp. 75-85, 2022 (in Korean).
- [11] H. H. Kang, S. Y. Shin, "Precise Drone Landing

System Using Aruco Maker,” The Journal of Korean Institute of Communication and Information Sciences, Vol. 47, No. 1, pp. 145-150, 2022 (in Korean).

[12] Pixhawk: <https://pixhawk.org/>

[13] Ardupilot: <https://ardupilot.org/>

Young-Kyu Kim (김 영 규)



2005 Electrical Engineering from Gyeongju University (B.S.)

2011 Mobile Communication Engineering from Kyungpook National University (M.S.)

2016 School of Electronic and Electrical Engineering from Kyungpook National University (Ph.D.)

2020~Gyeongbuk Institute of IT Convergence Technology

Field of Interests: Drone, SoC, computer architecture

Email: ykkim@gitc.or.kr

Jong-Ho Yoo (유 종 호)



2011 Electrical Engineering from Yeungnam University (B.S.)

2013 Electrical Engineering from Yeungnam University (M.S.)

2016~Gyeongbuk Institute of IT Convergence Technology

Field of Interests: Computer vision, AI, Optical wireless communication

Email: jhyoo@gitc.or.kr

Jin-Woung Jang (장 진 웅)



2013 Computer Science from Karlsruhe Institut für Technologie (Dr.-ing.)

2003~D-Makers AutoPilot

Field of Interests: MKVL Control Algorithm & Autonomous vehicle

Email: kordmakers@dmakers.co.kr

Seungh Hyun Paik (백 승 현)



2011 School of Electronic and Electrical Engineering from Kyungpook National University (B.S.)

2011 School of Electronic and Electrical Engineering from Kyungpook National University (M.S.)

2011 School of Electronic and Electrical Engineering from Kyungpook National University (Ph.D.)

2020~Gyeongbuk Institute of IT Convergence Technology

Field of Interests: Embedded system, drone, machine learning

Email: shpaik@gitc.or.kr

Jong-Hee Lee (이 종 회)



2003~Unmanned and Autonomous Vehicle Engineering from Kyungwoon University

Field of Interests: Drone, unmaned aircraft system

Email: sjong0818@naver.com

Dae-Nyeon Kim (김 대 년)



2001 Control and Instrumentation from University of Ulsan (B.S.)

2003 Electric, Electronics, Information, and System Engineering from University of Ulsan (B.S.)

2010 Electric, Electronics, Information, and System Engineering from University of Ulsan (Ph.D.)

2016~Gyeongbuk Institute of IT Convergence Technology

Field of Interests: Drone, embedded system

Email: dnkim@gitc.or.kr