

위성시스템 기반 드론용 지상 안테나 트래커 개발

Development of Ground Antenna Tracker for Drones Based on Satellite System

김세준¹ · 최종필² · 오동현² · 김다진솔^{2*}

¹한서대학교 비행교육원

²주식회사 유맥에어

Se-jun Kim¹ · Jong-pil Choi² · Dong-huyn Oh² · Da-jin-sol Kim^{2*}

¹Hanseo University Flight Education Center, Taean 32158, Korea

²Umacair, Co., Ltd., Hwaseong 18255, Korea

[요 약]

본 연구는 드론의 통신상태 안정화 및 통신거리 확장을 위하여 위성시스템을 활용한 안테나 트래커 시스템 개발을 제시한다. 지상국과 드론 간의 일반적인 고정형 안테나 방식에서 통신 이득을 최대화 하고자 드론과 지상국의 위치정보를 이용하여 자동으로 지상국의 안테나가 드론을 지속적으로 지향할 수 있는 트래커시스템을 개발하였다. 안테나 트래커를 활용하여 통신 상태 안정화를 개선하고 통신거리를 확장함으로써 드론산업 고도화를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

[Abstract]

This study proposes the development of an antenna tracker system using a satellite system to stabilize the communication status of drones and extend the communication distance. The location information of the drone and the ground station was used to maximize communication gain in the general fixed antenna method between the ground station and the drone. We developed a tracker system that can automatically and continuously aim the ground station's antenna at the drone. It is expected that the use of antenna trackers will improve the stabilization of communication conditions and expand the communication distance, thereby leading to the advancement of the drone industry.

Key word : Antenna, Tracker, GNSS, UAV, Drone.

<https://doi.org/10.12673/jant.2023.27.6.740>



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.

Received 30 November 2023; Revised 14 December 2023

Accepted (Publication) 19 December 2023 (29 December 2023)

*Corresponding Author: Da jin sol Kim

Tel: +82-031-410-3262

E-mail: solee0308@gmail.com

1. 서론

최근 무인항공기 드론기술은 다양한 분야에 적용되어 운영 영역이 확장되어 오고 있으며 특화 임무장치를 장착하여 상공에서 임무를 수행함에 따라 정찰, 탐사, 방재, 재난 및 재해 감시 등의 역할을 하고 있다 [1]. 과거 단순한 군 작전용에서부터 민간용으로 수요가 차츰 증가되고 있으며 드론 시장에서 가장 큰 비중을 차지하는 상업용 서비스 분야로 확대되어 측량, 공간정보 구축, 건축물 유지보수를 위한 검사, 배송 등의 서비스를 제공하고 있다 [2]. 군사분야에서는 드론이 자율비행 가능한 점에서 외부조종사가 직접 조종하지 않고 파괴되었을 때 인명피해가 발생하지 않는다는 장점으로 비행을 개시한 후에 목표물과 같이 파괴되는 미사일과는 달리 기본적으로 회수가 가능하고 반복적으로 임무에 투입될 수 있어 군수용으로 부각되고 있다. 이러한 이유로 정찰용으로 관심지역 및 작전지역의 정찰을 목적으로 하는 드론이 현대의 네트워크 중심전 (NCW; network centric warfare) 체계 하에서 실시간 타격능력 증대를 위하여 작전지역에 국한해서 감시·정찰, 표적획득, 피해 평가 등을 목적으로 운용되고 있다 [3]. 이러한 명확한 장점이 부각되고 있는 드론기술은 관련 법률 제도적인 이유로 국내·외에서 모두 활용이 제한되고 있는 부분이 존재하며 이를 신속하게 개정을 추진하고 있다. 현재 국내에서는 항공법에서만 드론 비행 규제가 이루어지고 있고, 이에 대한 보완을 위하여 드론 전용 법률 제정을 추진하고 있다. 안전을 위한 여러 제도가 마련되고 있으며 시각적으로 인식할 수 있는 범위 내에서만 비행할 수 있게 제한하는 제도이다. 이는 드론의 이상징후를 조종사가 빠르게 파악하고 대처하여 안전상 사고를 미연에 방지하기 위함이다. 하지만 앞서 서술한 바와 같이 드론활용 확장성으로 인하여 원거리 감시·정찰, 택배운수 그리고 드론택시 등과 같이 수요와 요구가 계속 증대되어 오고 있어 이러한 부분을 해소할 수 있는 기술적 발전과 제도적 규제가 완화가 필요한 시점이다. 가시권 비행 규제는 안전을 위한 필수적인 규제이기 하지만 드론 산업의 발전과 함께 장애요소를 극복이 필요하며 계속된 법률 규제는 기술발전을 더디게 하는 요소로 작용할 수도 있다. 비가시권 비행을 해결하기 위한 필요기술로는 통신기술의 발전이 필요로 하며 이를 대처할 수 있는 기술로 통신거리에 제한이 없는 LTE 통신기술이 대안으로 떠오르고 있다. 하지만 LTE 통신기술은 비용적인 문제와 보안에 대한 이슈가 있다. 따라서 비용과 보안에 대한 이슈가 없으며 안정적인 통신 상태를 유지할 수 있는 기술개발이 필요로 한다. 일부 특정 동호활동에서는 통신거리를 확장하기 위해서 전파법을 위반하는 영역 이상으로 전파출력을 임의 조정하여 사용하고도 있다. 전파법에 의거 할당된 주파수 영역대를 사용하여 전파를 사용하여야 하며 이를 위반할 시에는 전파와 관련된 모든 장비들에 장애를 일으킬 수 있기 때문에 매우 위험하며 반드시 규제되어야 할 부분이다. 그렇다면 전파법을 준수하면서 안정적인 통신상태를 유지하며 통신거리의 확장을 가져올 수 있는 대안으로는 지향성 안테나의 이

득을 극대화하는 방법이 있다.

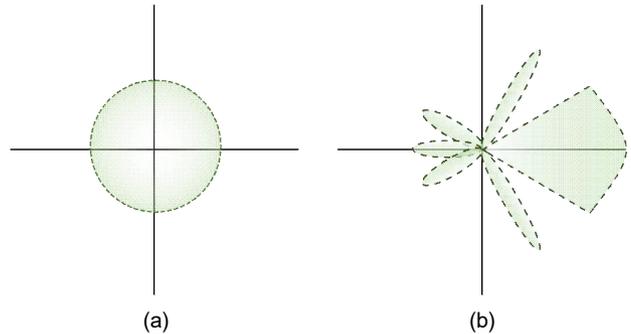


그림 1. 무지향성 안테나(a), 지향성 안테나(b) 방사패턴
 Fig. 1. Omni-directional antenna(a), directional antenna(b) radiation pattern

지향성 안테나는 표현 그대로 전파를 일정한 방향으로 전파출력이 되도록 설계된 안테나로써 송신과 수신단의 안테나가 이득을 최대로 볼 수 있도록 방향설정만 가능하다면 최고의 효율을 기대할 수 있게 된다. 이러한 효과를 기대하기 위하여 안테나 트래커가 개발되어 오고 있으며 지향성안테나를 장착하여 모터가 움직여 드론을 자동으로 지향할 수 있도록 하는 장치로써 시중에서도 판매되는 상품이 있다. 시중에서 판매되는 안테나 트래커의 작동개념은 지상국의 안테나트래커와 드론 간의 통신 감도를 이용하여 감도가 높은 지점으로 트래커가 동작하여 통신을 유지하는 형식이다. 이러한 동작개념은 드론 운용 환경에 따라 상당한 영향을 받아 동작 신뢰성을 확보하기 까다로우며 안정성이 떨어진다. Kim의 연구에 의하면 드론 하부에 안테나 트래커를 장착하여 지상국을 지향할 수 있도록 하는 안테나 트래커 개발이 진행되었으며 드론에 안테나 트래커를 장착하게 될 경우에 비행을 위한 중량의 상당부분을 차지하게 되어 비행성능의 저하를 일으킬 우려가 있어 이를 극복하기 위한 추가적인 대안이 필요해보인다 [4]. 따라서 본 연구에서는 드론의 위치정보를 이용하여 지상에서 지속적으로 드론을 지향할 수 있는 안테나 트래커를 개발하고자 한다. 지상국의 위치정보와 드론의 위치정보를 활용하여 지상에 있는 안테나 트래커가 드론을 지향하여 보다 안정적인 통신 상태를 유지할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 본론

안테나 트래커는 드론과 지상제어장치 간의 안정적인 통신 상태를 구성할 수 있도록 지원하는 장치이며 통신거리의 확장에 중요 역할을 한다. 메인장치, 구동장치로 구분되어 있으며, 메인장치에는 모든 센서와 보드 사이에 인터페이스와 자료를 처리하여 동작을 구성하는 역할을 담당한다. 구동장치는 기계적인 요소로 구성되어 모터나 모터드라이브 등 트래커가 동작하고 기동성을 유지하는 역할을 담당한다.

2-1 메인장치

메인장치에는 제어보드, 모터보드, 측위장치로 구분되며 각 장치 간에 신호 체계에 따라 연결방식이 다르게 구성되어 있다. 제어보드는 수신되는 정보들을 종합하여 연산처리하고 동작을 명령을 전달하고, 모터보드는 수신된 동작 명령에 따라 구동장치를 기계적으로 제어하며, 측위장치는 위성신호를 바탕으로 현재의 위치정보를 수신하는 기능을 한다.

제어보드는 각종 정보를 종합하고 연산처리를 통하여 안테나 트래커를 구동시키는 명령 전달의 역할을 수행한다. 첫 번째로 드론의 위치정보와 안테나 트래커 지상 위치정보를 수집하고 두 번째로 수집된 위치정보를 바탕으로 드론과 트래커 간의 방향각, 고도각, 트래커 제어각 등을 계산, 세 번째로 계산된 결과를 기반으로 트래커 구동제어 명령을 수행한다. 이러한 과정을 실시간으로 반복함으로써 드론이 비행하는 도중에도 지상의 안테나가 드론이 존재하는 위치 및 방향으로 지향할 수 있도록 한다.

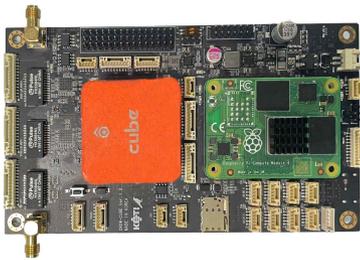


그림 2. 안테나 트래커용 제어보드
Fig. 2. Control board for antenna tracker

모터보드는 트래커의 틸트와 팬 각을 제어하여 전체적인 트래커를 동작시키는 역할을 수행한다. 제어보드로부터 전달된 명령신호를 기반으로 모터보드는 구동되고 있으며, 틸트와 팬 각각의 모터가 구성되어 작동하는 형태이다.



그림 3. 안테나 트래커용 모터보드
Fig. 3. Motor board for antenna tracker

측위장치는 안테나 트래커의 현재 위치정보를 획득하기 위하여 위성신호를 수집하는 역할을 한다. 프레임 외부에 노출되는 형태로 장착하여 사용한다. 측위장치는 트래커 동작성을 높이기 위하여 10Hz 이상의 제품을 선정하였으며 수집하는 위성신호는 제어보드가 기호데이터로 활용할 수 있도록 제공한다.



그림 4. 안테나 트래커용 측위장치
Fig. 4. Positioning device for antenna tracker

2-2 구동장치

구동장치에는 모터, 전력공급장치로 구분되며 메인장치로부터 전달받은 신호에 따라 구동되어 안테나 트래커의 전체적인 동작을 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 모터는 모터보드의 제어신호에 의해 동작하게 되고, 전력공급장치는 각각의 보드와 모터가 동작할 수 있는 전력을 공급하는 기능을 하게 된다.

모터는 안테나의 Pan, Tilt 구동을 위하여 2개의 모터를 적용하여 전체적으로 2축 짐벌형식으로 구성된다. 각 모터에 의하여 안테나 트래커의 Max Pan-angle은 360° 이고 Max Tilt-angle은 -23 ~ 210° 이다. 모터의 정밀제어와 에러방지를 위하여 엔코더(Encoder)가 동작하도록 하였다.



그림 5. 안테나 트래커용 모터
Fig. 5. Motor for antenna tracker

2-3 안테나 트래커

안테나 트래커 프레임은 메인 프레임, 안테나 거치대로 구성한다. 메인프레임에는 각종 보드와 모터가 내부에 들어가 있으며, 모터 동작을 위하여 베어링 등에 의하여 결속되어 있다. 안테나 거치대는 메인프레임 상단에 부착되어 있으며 하중 균형을 유지하기 위하여 하중상쇄 파츠가 삽입되어 있다. 안테나 트래커 메인 프레임 하부에는 삼각대 장착이 가능하도록 고정체결부위를 설계하였다.



그림 6. 안테나 트래커
Fig. 6. Antenna tracker

III. 안테나트래커 테스트

3-1 테스트 개요

일반적인 고정형 안테나방식(이하 고정형방식), 안테나 트래커를 이용한 운용방식(이하 트래커방식)을 각각 사용하여 드론 운용 테스트를 진행 한 후 수정 및 보완사항을 확인하는데 목적을 둔다. 테스트 방법은 비교군 간의 전파출력과 Fail safe 발생 여부를 확인하는 것으로 하였다.

3-2 테스트 시나리오

시나리오 1은 고정형방식과 트래커방식으로 정상환경에서 전진비행하여 최대비행 지점까지 비행하여 전파출력 값과 도달거리를 확인한다. 시나리오 2는 각각의 안테나 운용방식에서 불리한 환경조건에서 전진비행하여 Fail safe로 통신 두절이 되는 지점까지의 도달거리를 확인한다.

3-3 테스트 결과 분석

시나리오 1에서 고정형방식 테스트 결과는 지상의 안테나와 드론 간의 거리가 3 km를 벗어나는 시점에서 Fail safe가 발생했으며, 해당 구간에서 전파출력 값이 -89/-82 dBm (수신안테나 1/2) 으로 나타났었다. 동일한 시나리오에서 트래커방식의 테스트결과는 지상의 안테나와 드론 간의 거리가 5 km 벗어나는 지점까지 통신두절 없이 지속적으로 통신 유지되는 것을 확인하였으며, 해당 구간에서 전파출력 값이 -76/-80 dBm 으로 나타났었다. 고정형방식과 트래커방식의 시나리오 1 테스트결과를 비교해보면 트래커방식의 통신상태가 비교적 양호한 것으로 판단되며, 통신 운용거리는 트래커방식을 사용할 경우가 2 km 확장되는 것이 확인되었다.

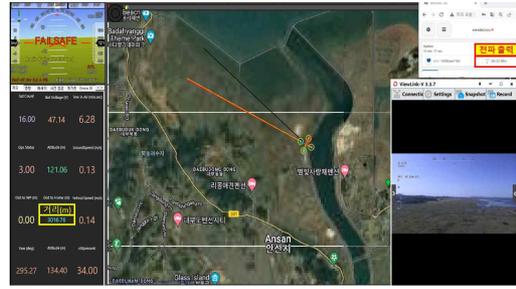


그림 7. (시나리오 1) 고정형방식 테스트 진행
Fig. 7. (Scenario #1) Fixed type test in progress



그림 8. (시나리오 1) 트래커방식 테스트 진행
Fig. 8. (Scenario #1) Tracker type test in progress

시나리오 2에서 고정형방식 테스트 결과는 지상의 안테나와 드론 간의 이격거리가 1.7 km 되는 지점에서 Fail safe가 발생했으며, 트래커방식의 테스트 결과는 지상의 안테나와 드론 간의 이격거리가 2.5 km 되는 지점에서 Fail safe 가 발생했다. 이러한 결과를 서로 비교해보면 트래커방식이 약 0.8 km의 통신 운용거리 확장 효과를 확인할 수 있었다.

표 1. 고정형방식과 트래커방식 테스트 결과표
Table. 1. Fixed type and tracker type test result

Scenario	Category	Fail safe occurrence distance	Note
# 1 (Normal)	Fixed type	3 km	
	Tracker type	-	Not fail safe Up to 5 km
# 2 (Loss of signal)	Fixed type	1.7 km	
	Tracker type	2.5 km	



그림 9. (시나리오 2) 고정형방식 테스트 진행
 Fig. 9. (Scenario #2) Fixed type test in progress



그림 10. (시나리오 2) 트래커방식 테스트 진행
 Fig. 10. (Scenario #2) Tracker type test in progress

IV. 결론

본 논문에서 드론의 통신상태 안정화와 통신거리 확장을 위하여 지상국에서 자동으로 드론을 지향할 수 있는 안테나 트래커 개발에 대하여 소개하였다. 각 구성품에 관한 개발내용과 기존 고정형방식과 함께 테스트를 수행하고 비교한 결과를 나타내었다. 비교 결과로 전파 수신감도는 트래커방식을 채용했을 경우 비교적 양호한 전파 수신결과가 확인되었다. 또한 트래커방식의 경우에 통신상태가 안정화 됨에 따라 통신거리가 확장되는 가시적인 결과가 확인 되었다. 안테나 트래커를 개발 및 테스트를 수행하는 과정에서 개선 및 보완사항이 도출되었으면 다음과 같다.

첫 번째로 안테나 트래커의 측위장치의 개선이다. 연구에 사용된 측위장치는 일반 드론용 GPS 장치로써 위치정밀도가 약

± 5 m 의 오차발생 가능성이 상존했으며 정밀오차를 최소화하기 위하여 RTK급 GPS를 사용하여 수cm급의 위치정밀도를 확보하여 안테나트래커의 지향 정밀도를 개선할 필요가 있다.

두 번째로 드론을 운용하는 지상제어시스템 (GCS; ground control system)과 안테나 트래커 간의 인터페이스는 유선으로 구성되어 있어 안테나 트래커의 제한적 운용성을 가지는데 이를 무선으로 대체시킬 수 있다면 보다 폭 넓은 활용성을 가질 것으로 판단된다.

세 번째로 안테나 트래커의 기능 및 성능 평가방법 도출 필요성이다. 현재까지의 테스트는 기존의 고정형방식을 유사한 환경조건에서 운용하여 트래커방식과 비교하는 형태로 수행하였다. 고정형방식과 트래커방식의 가시적인 결과의 차이가 발생하여 유의미한 효과가 있는 것으로 판단이 되어나, 성능의 차이에 대한 수치적인 제시가 아직 미흡한 것으로 여겨지며 이를 개선하고 명확한 차이를 제시하여 경제적 및 기술적 가치를 나타낼 수 있는 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] Korea Aerospace Research Institute, Current status and prospects of the global commercial drones market, pp. 3-13, 2018.
- [2] Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology, New technology of the month No. 53, pp. 12-19, 2018.
- [3] H. J. Jo and J. Y. Kim, "Industrial drone market analysis and outlook," *Journal of satellite, information and communications*, Vol. 12, No. 4, pp. 26-33, 2017.
- [4] S. W. Kim, Research on Directional Antenna Tracking System for Drones to Improve Communication Distance, Master's dissertation, The University of Suwon Graduate School of Engineering, Hwaseong, Korea, 2023.
- [5] H. G. Hwang, An Antenna Targeting Control based on Position and Attitude of a Drone, Master's dissertation, Hanbat University, Daejeon, Korea, 2023.



김 세 준 (Se-Jun Kim)

2020년 9월 ~ 2023년 8월 : 한서대학교 항공운항관리학과(박사수료)
2019년 8월 : 한국항공대학교 항공운항관리학과 (이학석사)
2014년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 비행교육원 비행조교수
※관심분야 : 항공운항, 항공안전, 항행안전시스템, UAM



최 종 필 (Jong-Pil Choi)

2005년 02월 : 한국산업기술대학교, 기계공학과 석사
2015년 11월 ~ 현재 : 주식회사 유맥에어 대표이사
※관심분야 : 무인비행장치 설계 및 제어, 전자통신



오 동 현 (Dong-Hyun Oh)

2019년 08월 : 항공정비학과 학사
2020년 12월 ~ 현재 : 주식회사 유맥에어 재직
※관심분야 : 무인비행장치 설계 및 제어, 전자통신



김 다 진 솔 (Da-Jin-Sol Kim)

2017년 02월 : 부경대학교, 안전공학과 공학석사
2020년 08월 : 부경대학교, 안전공학과 박사수료
2022년 03월 ~ 현재 : 주식회사 유맥에어 재직
※관심분야 : 무인비행장치 설계 및 제어, 전자통신