

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2018.26.4.110>

ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

드론을 이용한 항행안전시설 점검체계 개발

이영길*, 주효근**, 권달원***, 박성훈****

Development of Inspection System for NAVAID Using Drone

Young-Gil Lee*, Hyo-Geun Ju**, Dal-Won Kwon***, Sung-Hoon Park****

ABSTRACT

This paper introduces Korea Airport Corporation's own research and development contents and plans for navigation aids check using drone which is actively research and developed mainly in advanced countries. The hardware, algorithm, operating program of the drone system, the drone flight trajectory setting, and real-time measurement results were analyzed and verified. By securing domestic technology for the latest technology utilizing drone, we plan to promote more thorough aviation safety and advanced technology in related field and commercialized it in domestic and overseas.

Key Words : Drone system(드론시스템), NAVAID(항행안전시설), SDR(소프트웨어정의라디오), ILS(계기착륙시설), VOR(전방향무선표지시설), TACAN(전술항법장치)

1. 서 론

1.1 추진배경

항행안전시설은 계기착륙시설, 레이더, 관제통신시설, 항공등화 등 항공기가 이륙하고 착륙할 때까지 항공기의 안전운항에 필수적인 중요시설이다. 이러한 시설에 대한 점검은 유지보수 인력에 의한 일일/주간/월간 지상점검과 약 1년에 1회 실시하는 국토교통부 점검용 항공기에 의한 비행점검이 있다. 그림 1은 지상점검 방법을 나타낸 것으로 활주로에서 마스트를 이용한 점검,

주변 건물 옥상 또는 인근 산 정상에서 계측기를 이용한 신호점검 방법을 나타낸 것이다.



Fig 1. Typical ground inspection method for NAVAID

항공기보다 낮은 지상에서의 점검은 항공기가 운항하는 전체 상공의 전파신호 정상유무를 판단하는데 원천적 한계를 갖고 있다. 이는 국토교통부 비행점검기 결과와 지상점검 결과의 불일치가 발생하는 경우의 원인이 된다. 항행안전시설을 유지, 보수, 관리하는 한국공항공사에서는 항공안전과 효율적인 시설관리를 위해 2016년도부터 드론을 이용한 항행안전시설 점검방법을 자체 연구개발하고 있으며, 전 세계에서 선도적으로 현장에 실무적용하고 있고, 관련 인력(국가자격 보유 드론조종자) 양성 및 공항 내 드론운용을 위한 표준업무절차를 마련하였다.

Received : 23. Nov. 2018. Revised : 07. Dec. 2018.

Accepted : 27. Dec. 2018

* 한국공항공사 항행시설실 실장

** 한국공항공사 건설사업실 실장

*** 국공항공사 공항시설실 실장

**** 한국공항공사 공항시설실 과장

연락처 E-mail : radar7@airport.co.kr

연락처 주소 : 서울특별시 강서구 하늘길 78

1.2 해외연구사례

IFIS 2018(국제비행점검학회, International Flight Inspection Symposium)의 Session 10은 드론을 이용한 항행안전시설 점검을 주제로 미국, 중국, 독일, 스위스 등이 연구개발내용을 발표하였다.[1][2][3] 그림 2는 현재 개발된 해외 드론점검시스템을 나타낸 것이며, 독일 Colibrex社의 NavAidDrone, 스위스 Skyguide社의 ILS checker, 스페인 Canard社의 Canard Drone이 대표적인 시스템이다.



(a) German (b) Swiss (c) Spain
Fig 2. Development exampе of overseas drone inspection system

독일 Colibrex社는 비행점검기관인 FCS(flight calibration service)와 공동으로 H/W, S/W 등 모든 시스템을 자체 개발하고 있으며[4][5], 스위스 Skyguide社와 스페인 Canard社는 드론기체와 항행신호 수신기는 상용제품 사용, 시스템통합 및 운용소프트웨어만 자체개발하고 있다. 한국항공공사는 드론기체를 제외한 나머지 전 부분을 자체 개발하여 독자기술력을 확보하였다.

Table 1. R&D Direction by company

개발항목	Colibrex (독일)	Canard Drone (스페인)	Skyguide (스위스)	KAC
드론기체	○	X	X	X
수신기	○	X	X	○
시스템통합(통신포함)	○	○	○	○
운용소프트웨어	○	○	○	○

한국항공공사(KAC)의 드론점검시스템 플랫폼은 공항내 운용되는 드론의 안전성 및 운용리스크를 고려하여, RTK(Real-Time Kinematic)기반의 정밀 위치정능을 보유한 소형급 상용 드론으로 선정하였고, 소형급 드론에 탑재가 가능한 초소형, 초경량 수신기 자체개발, 수신기와 지상기지국간의 Lora, WiFi 무선통신을 포함한 시스템통합, 지상기지국에서의 드론운용 소프트웨어 개발을 수행하였다.

II. 항행안전시설 드론점검시스템 개발

2.1 드론탑재용 전파수신기 개발

2.1.1 하드웨어 개발

항행신호 전파수신기는 드론탑재가 가능해야함으로 무게는 1kg 이하, 크기는 20cm 이하로 제한하여 개발하였다. 따라서 전통적인 heterodyne 방식 대신 상용의 SDR(software defined radio)을 기반으로 LNA, 필터 등을 적용하여 개발하였다.[6] 그림 3은 개발된 전파수신기의 구성도이다.

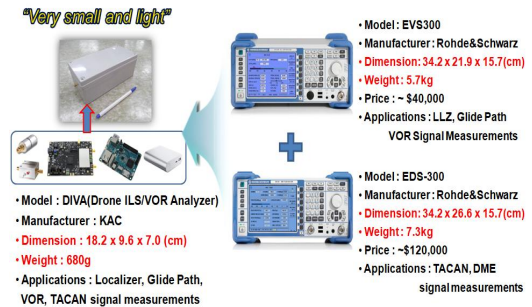


Fig 3. Radio receiver for drones

2.1.2 알고리즘 개발

그림 4는 계기착륙시설에 대한 신호처리 블럭 다이어그램이다.

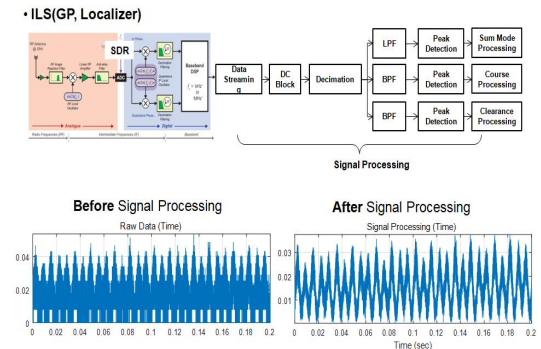


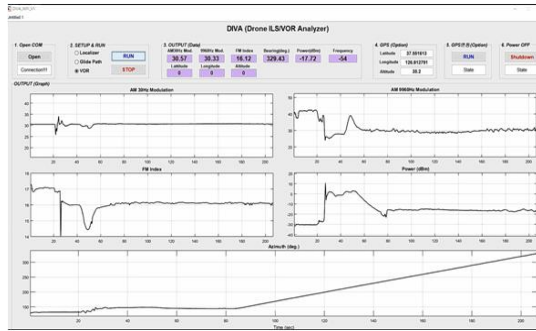
Fig 4. ILS signal processing block diagram

전파수신기내의 신호처리기는 SDR에서 디지털 샘플링되어 생성되는 IQ데이터를 실시간 수집하여 신호처리(Decimation, DC Block, 필터, Peak detection 등)를 수행한다. 신호처리 후 잡음이

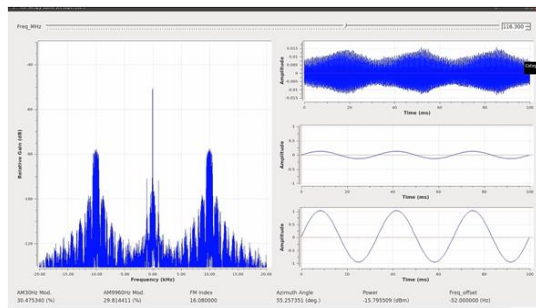
제거된 항행전파신호가 생성되고, 항공기에 수신되는 신호(sum mode)로 변경, 분석이 가능하게 된다.

2.1.3 운용 S/W 개발

그림 5는 전파수신기 운용 S/W 사용자화면으로, 드론비행 중 지상으로 실시간 전송되는 신호를 수신·분석할 수 있다. 각종 항행신호에 대한 신호값과 그래프 현시, 스펙트럼 및 파형을 실시간 확인할 수 있다. 따라서 드론을 운용하는 항행안전시설 유지보수자가 쉽고 빠르게 항행안전시설의 상태를 항공기 입장에서 직관적으로 판단할 수 있다.



(a) Real-time measurement graph display & GUI



(b) Real-time spectrum, waveform display

Fig 5. Ground base station display screen

2.1.4 자동비행 S/W 개발

항행안전시설에 대한 드론 정밀측정을 위해서는 드론의 자동비행 기능이 필수이다. 그림 6은 자동비행을 위한 운용 S/W이며, 항행안전시설

의 위치 및 비행조건(approach, orbit, radial 등) 등을 입력하면 자동으로 비행경로 파일이 생성된다. 생성된 파일을 구글어스에서 읽으면 직관적으로 비행경로에 대한 안정성 및 정확성을 확인할 수 있다. 확인한 경로파일을 드론기체에 전송하여 자동비행을 수행할 수 있다.

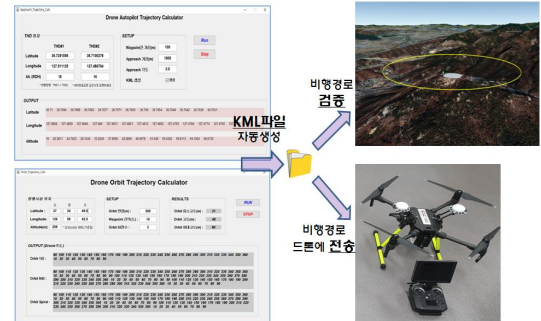
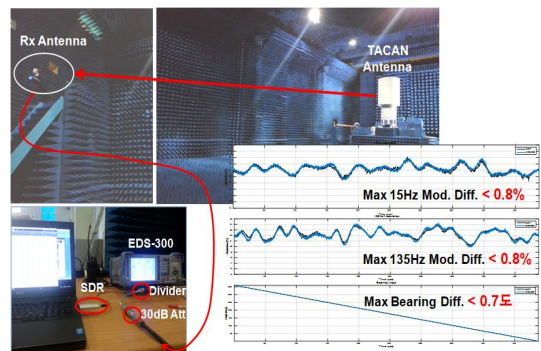


Fig 6. Automatic drone flight path generation S/W and operational concepts

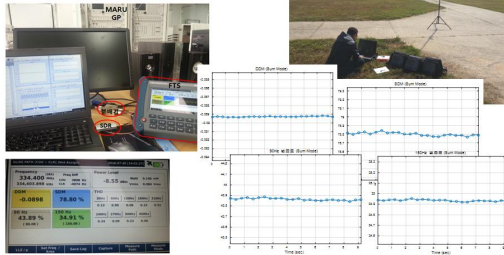
2.2 성능 검증

개발된 전파수신기 검증을 위해, 그림 7과 같이 전자파무반사실에서 방위각 제공시설인 TACAN 을 360도 회전하면서 고가의 검증된 계측기와 드론탑재용 전파수신기를 동시에 측정하였고, 측정결과 고가의 정밀계측기와 동일한 결과(방위각 최대 오차 0.7도)를 얻었다. 또한, 김포공항 활주로에서 계기착륙시설(ILS) 신호측정에 대한 검증작업을 수행하였으며 기존 정밀계측기 대비 동일한 성능(DDM 최대오차 0.0002)을 확인하였다.



(a) Chamber Test

- (GP, LLZ Measurement) Kimpo Airport Runway, Laboratory
- Max Modulation Diff. : less than 0.1%
- Max DDM Diff : less than 0.0002, SDM : less than 0.05%



(b) Airport runway test

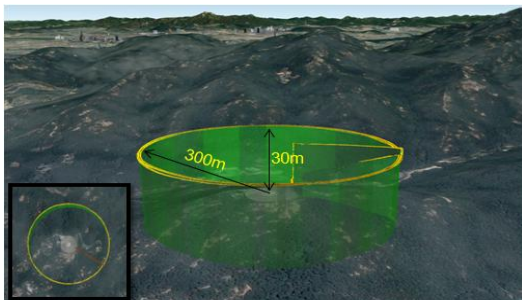
Fig 7. Performance test of a radio receiver

III. 드론점검체계 구축

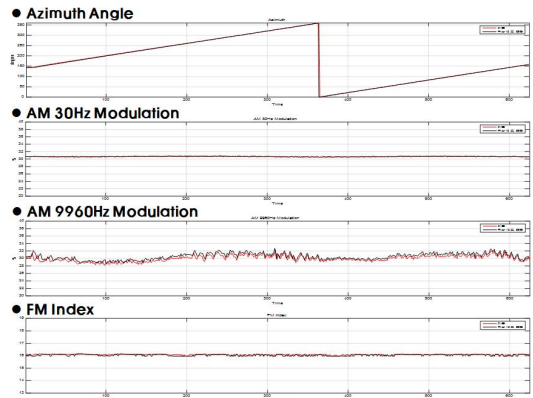
3.1 현장 실무운동 및 드론점검 정례화

3.1.1 VOR(전방향무선표지시설) 점검

2018년부터 전국 표지소(주요 산 정상) VOR 시설에 대해 국토교통부 비행점검기에 의한 점검前, 드론점검을 정례화하여 시행하고 있다. 이를 통해, 비행점검기에 의한 시설장애 판정시 발생할 수 있는 인적, 시간적, 비용적 측면을 최소화할 수 있다. 관제권밖에 위치하고 있는 표지소는 드론비행의 법적제한에도 자유로워 드론을 이용한 상시 정밀 점검이 가능하여 드론점검을 우선적으로 정례화하였다. 그림 8은 안양표지소 VOR에 대한 드론 Orbit 자동비행 경로 및 실시간 측정결과를 그래프로 현시한 것이다. VOR의 sideband 송신전력을 2.3w(기존)와, 2.4w일 때의 신호변화를 측정하여 약 0.5% 상승함을 확인하였다.



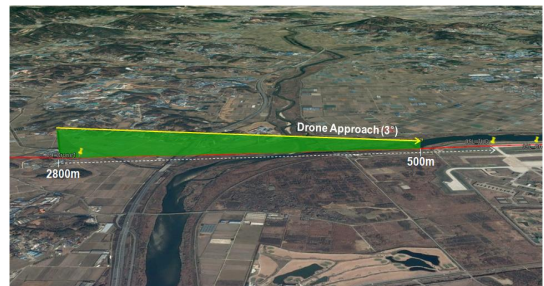
(a) Orbit flight (radius 300m, height 30m)



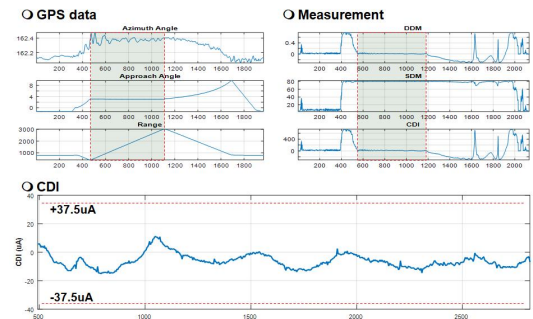
(b) Measurement results

Fig 8. Orbit flight and measurement results

3.1.2 ILS(계기착륙시설) 점검



(a) Approach drone flight (3deg.)



(b) Measurement results

Fig 9. Approach flight and measurement results

그림 9는 항행안전시설 점검용 드론시스템이 오산공항 활주로 시단 2.8km 지점에서 500m 지점까지 접근비행(Approach Flight)을 수행하면서 계기착륙시설(Glide Path)을 측정하여 나타낸 결과이다.

드론은 사전에 설정된 항공기 착륙각도(3도)와 동일하게 비행하였다. 드론비행에 따른 GPS데이터, 계기착륙시설 신호데이터를 실시간 수신, 그래프화하며 직관적 분석이 가능하다. CDI는 드론비행구간내 37.5 μ A이내의 양호한 결과가 측정되었다.

3.1.3 전파장애물 점검

산업의 발달에 따라 공항 또는 표지소 주변에 신축되는 아파트, 철탑, 풍력발전기 등 인공구조물이 증가하고 있으며, 이러한 전파장애물에 의한 항행안전시설 전파신호의 품질저하에 대한 우려가 고조되고 있다. KAC가 개발한 드론시스템은 전파장애물에 의한 항행안전시설 품질 측정이 가능하다. 그림 10은 최근 제주표지소 인근(카운터포이즈에서 250방향 약 60m 지점)에 설치된 해군철탑의 형상이다. 철탑 상단부는 카운터포이즈 대비 약 3도의 높이에 있어, VOR(전방향무선표지시설) 전파신호 품질이 우려스러운 상황이었다.



①VOR antenna ②Counterpoise ③Navy Tower

Fig 10. Navy tower near the VOR site

해군철탑에 대한 영향을 정밀 측정하기 위해, 드론 orbit(반경 300m, 고도 30m) 점검을 3회 실시하였다. 다음 그림은 VOR 신호 항목별 드론시스템 측정결과이다. 3회 orbit 측정에서 방위각 신호와 AM 30Hz 변조도, FM Index는 흔들림이 거의 없으나, 수신전력과 AM 9960Hz 변조도 성분은 해군철탑이 있는 250도 방향에서 신호 흔들림이 측정되었다. 해군철탑에 의한 항행안전시설 전파신호 성능저하가 일부 측정되었으나, 허용치 이내였으며 국토교통부 점검기에 의한 특별점검에서도 해당 시설은 합격판정을 받았다.

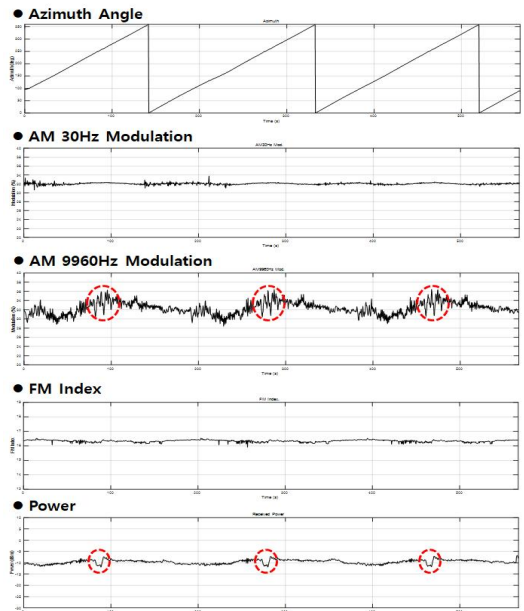


Fig 11. Orbit flight check 3 times and measurement results

위의 사례와 같이, 항행안전시설 점검용 드론시스템은 공항 및 표지소 인근의 전파장애물에 대한 영향 측정을 항공기대비 즉각적이고 간단하게 수행할 수 있는 장점이 있다.

3.2 드론시스템 현장보급 및 향후계획

그림 12는 항행안전시설 점검용 드론시스템의 구성도이다.

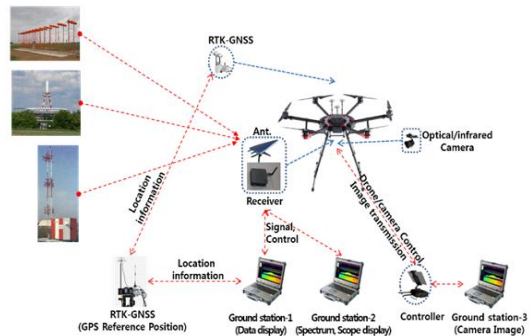


Fig 12. Configuration of the drone system

현재 드론점검이 가능한 항행안전시설은 ILS, VOR, TACAN이며, 드론비행의 정확성을 높이기 위해 RTK 기능을 채택하였고, 지상기지국에

서 항행 전파신호의 스펙트럼, 파형, 각종 신호 성분을 그래프로 실시간 확인할 수 있다. 2018년말까지 기 구축된 수도권(충청·강원권 포함)을 제외한 권역별(부산, 전라, 제주) 현장에 드론시스템을 보급할 계획이다.

한국항공공사는 2016년도부터 항행안전시설 점검용 드론시스템을 연구개발하고 있으며, ILS/ VOR의 경우 2018년 현장운용을 바탕으로 2019년 상용화를 목표로 하고 있다. DME/ TACAN의 경우는 2019년 시제품개발, 2020년 상용화를 계획 중이며, 방향탐지 분야와 항공등화시설점검분야도 연구개발을 진행할 계획이다.

표 2는 독일, 스위스, 스페인기업과 한국항공공사의 기술수준을 나타낸 것이다. VOR의 경우 선진국대비 한국항공공사가 표지소(산 정상)에서의 VOR 드론비행을 선두적으로 정례화함으로써 가장 앞선 것으로 판단되며, ILS의 경우는 드론시스템은 개발되었으나, 공항내 드론운용에 대한 국내법의 제한으로 현장운용시험이 부족한 실정이다. TACAN 드론점검은 전세계에서 한국항공공사가 최초이나 현재 시제품개발 단계로 완성도는 높으려면 다소 시간이 소요될 것으로 판단된다. 방향탐지, 항공등화, 활주로 드론점검 분야도 단계적으로 개발할 예정이다.

Table 2. Technical Level

기업명	항행안전시설					항공 등화	활주로 점검
	ILS	VOR	TACAN	레이더	방향탐지		
Colibrex	★★★★☆	★★★★☆	☆☆☆☆☆	★★★★☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
Canard Drone	★★★★☆	★★★★☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	★★★★★	★★★★☆
Skyguide	★★★★☆	★★★★☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
한국항공공사	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

IV. 결 론

한국항공공사는 계기착륙시설(ILS), 전방향무선표지시설(VOR) 및 전파장애물 점검이 가능한 항행안전시설 점검용 드론시스템을 자체 개발하였으며, 권역별 현장보급 및 운용시험, 분석을 통해 독자 기술력을 확보하였다. 표지소 VOR의 경우 국토교통부 비행점검기에 의한 점검 前, 드론 점검을 정례화하였다. 기존 항행안전시설 점검방

법인 지상점검에서 항공기입장에서의 공간적 정밀성을 확보한 드론점검방법을 개발함으로써, 항행안전시설 유지보수의 패러다임 혁신을 구축하였다. 최신 항공분야 드론점검기술에 대해 한국항공공사의 적극적인 연구개발로 조기 상용화 추진 및 관련 해외기술을 선도하고자 한다.

Reference

- [1] Yanbo Zhu, Xiaofeng Shi, Kai Kang, "UAV-Based Flight Inspection System", International Flight Inspection Symposium, California, 2018.
- [2] Mathieu M, Philippe L., "Drone Support for Flight Inspection", International Flight Inspection Symposium, California, 2018.
- [3] Demule H, Theissen K., "Using UAV Multicopters as an Extension of ILS Ground Measurements: This Innovative Idea has Already Become Reality in Switzerland!", International Flight Inspection Symposium, California, 2018.
- [4] Bredemeyer J, Shcrader T., "Signal-in- space Measurements using Microcopters", International Flight Inspection Symposium, Serbia, 2016.
- [5] Shcrader T, Bredemeyer J, Mihalachi M, Rohde J, Thomas K. O., "Concept and design of a UAS-based platform for measurements of RF signal-in-space", Advances in Radio Science, 14, 1-9,, 2016
- [6] Chanan L, Khitawut P, Kittipol H., "An implementation of portable ILS Localizer signal receiver using SDR", International Symposium on Communications and Information Technologies, Incheon, 2014.