

## 드론탐지용 RF스캐너의 성능에 송전탑이 미치는 영향 분석

## Analysis of the Impact of Transmission Towers on the Performance of RF Scanners for Drone Detection

이 문 희\* · 방 정 주\*\*

\* 주저자 및 교신저자 : 한국산업기술시험원 미래항공기술센터 주임연구원

\*\* 공저자 : 한국산업기술시험원 미래항공기술센터 선임연구원

Moon-Hee Lee\* · Jeong-Ju Bang\*\*

\* Korea Testing Laboratory, Future Aerospace Technology Center

\*\* Korea Testing Laboratory, Future Aerospace Technology Center

† Corresponding author : Moon-Hee Lee, mhlee@kitl.re.kr

Vol. 23 No.1(2024)  
February, 2024  
pp.112~122pISSN 1738-0774  
eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2024.23.1.112>Received 5 December 2023  
Revised 13 December 2023  
Accepted 14 December 2023© 2024. The Korea Institute of  
Intelligent Transport Systems. All  
rights reserved.

## 요 약

최근 드론과 같은 무인비행장치 기술이 발전함에 따라 환경적, 사회적 및 경제적으로 많은 이점이 있지만, 공항, 공공기관, 발전소, 군 등 국가중요시설에 악의적인 의도를 가질 경우 국가 안전과 국민 생활에 심각한 피해를 줄 수 있다. 이러한 드론의 위협에 대응하기 위해 RF스캐너와 같은 탐지 장비 도입을 시도하고 있다. 특히 변전소, 발전소, 우리나라 전력 계통에 의해 설치된 전력 전송용 송전탑은 RF스캐너 탐지 경로에 송전탑이 위치하면 탐지 성능에 영향을 줄 수 있다. 실험은 상용 드론을 이용하여 드론에서 방사되는 신호 세기 측정하여 감쇠율을 확인하였다. 평균 감쇠율과 최대 감쇠율은 2.4 GHz와 5.8 GHz 대역에서 유사한 경향을 보였고, 구조물의 밀도에도 영향을 받는 것을 알 수 있다.

핵심어 : 드론, RF스캐너, 안티드론, 송전탑, 신호 감쇠

## ABSTRACT

Recently, as unmanned aerial vehicle technology such as drones has developed, there are many environmental, social and economic benefits, but if there is malicious intent against important national facilities such as airports, public institutions, power plants, and the military, it can seriously affect national safety and people's lives. It can cause damage. To respond to these drone threats, attempts are being made to introduce detection equipment such as RF scanners. In particular, power transmission towers installed in substations, power plants, and Korea's power system can affect detection performance if the transmission tower is located in the RF scanner detection path. In the experiment, a commercial drone was used to measure the signal intensity emitted from the drone and confirm the attenuation rate. The average and maximum attenuation rates showed similar trends in the 2.4 GHz and 5.8 GHz bands, and were also affected by the density of the structure.

Key words : Drone, RF Scanner, Anti-Drone, Transmission Tower, Signal reduction

# I. 서론

## 1. 개요 및 필요성

최근 드론 또는 UAV<sup>1)</sup>이라고 불리는 UAS<sup>2)</sup> 관련 기술의 급격하게 발전하고 있다. 기술이 발전함에 따라 초기에는 군사 정찰용으로 사용되었지만, 현재에서는 건설, 교통, 에너지, 농업, 촬영, 통신, 보험, 배송 등 실생활에 다양한 방법으로 활용되고 있다(Korea Institute of Aviation Safety Technology, 2021; National IT Industry Promotion Agency, 2023). 하지만 드론은 크기, 소음이 작지만 비용이 적게 들고 물건 운반이 가능하여 악의적인 의도로 사용되면 사회의 큰 위협이 될 수도 있다(Electronics and Telecommunications Research Institute, 2023). 특히, 국가중요시설(공공기관, 공항, 항만, 주요 산업시설 등)을 위협할 경우에 국가안보와 국민 생활에 심각한 영향을 줄 수 있다. 최근 러시아 우크라이나 전쟁에서는 정찰 및 폭격에 드론을 이용하였다(Institute for National Security Strategy, 2023). 실제로 드론에 의한 위협 및 공격은 아래의 <Table 1>과 같이 국내뿐만 아니라 국외에서도 빈번하게 발생하고 있다.

<Table 1> Summary of domestic and international drone crashes and terrorist incidents

Country	Event Details	Date
Korea	5 aircraft diverted due to illegal drone at incheon international airport	2020.09
	North Korean drone crashes at THAAD base	2017.05
	3 north Korean dromes crashed in republic of korea	2014.03
Iran	US military attacks iranian military base with drone	2020.01
Saudi Arabia	Drone attacks on oil refineries and oil production bases	2019.09
	East oil field attacked by about 10 drones	2019.08
	Akha airport attacked by drone	2019.06
	Fueling operations stopped due to drone attack	2019.05
UK	Gatwick airport paralyzed by drone invasion	2018.12
	Drone crashed into airplane at heathrow airport	2016.04
Venezuela	Attempt to assassinate president maduro by drone	2018.08
France	Greenpeace’s nuclear power plant drone crash protest	2018.07
	Drones appear in various places at nuclear power plants	2014.10
South Africa	Nuclear power plant drone crash	2016.08
Japan	Radioactive drone crashes into prime minister’s residence	2015.04
USA	Drone crashes into white house	2015.11
Mozambique	Collision between aircraft and drone while landing	2014.10

여러 국가에서 드론 위협의 발생함에 따라 심각성을 알고 관련 기술 연구개발 및 제도 개선 등 선제 대응을 위한 정책을 시행하고 있다. 한국, 미국, 중국, 일본 캐나다, 호주, 영국, 독일, 프랑스 등 다양한 국가에서 정부기관 주도하에 드론 관련 규제를 관리하고 있고, 자체 규제를 준수하는 한 자국 내에서 드론 운영을 허

1) UAV : Unmanned Aerial Vehicle, 무인비행기

2) UAS : Unmanned Aircraft System, 무인항공시스템

용하고 있다(Sim et al., 2023). 이러한 드론으로 인해 야기되는 범죄나 테러에 대응하여 위한 방안으로 안티 드론 기술을 적용하고 있다(Korea Institute of Aviation Safety Technology, 2022).

안티드론 시스템은 일반적으로 탐지·식별·무력화로 구성되어 있다. 안티드론은 “C-UAS<sup>3)</sup>” 또는 “對드론” 이라고도 한다(Ahn, 2022). 안티드론 시스템의 장비 구성은 아래의 <Table 2>와 같이 정리할 수 있다(Korea institute of S&T Evaluation and planning, 2021). 탐지 기술은 레이더, RF 스캐너, 광학 등의 장비를 이용하여 드론을 탐지한다. 탐지용 레이더의 원리는 전자파를 이용하여 표적으로부터 반사되는 전자파를 수신하여 전파의 도달 시간의 차이를 이용하여 거리를 측정하는 원리를 이용한다. 드론의 경우 RCS<sup>4)</sup>가 작고, 낮은 고도에서 저속으로 비행하면 탐지 및 추적에 어려움이 있다. 하지만 전자파를 이용하기 때문에 탐지거리가 길고 기상의 영향을 받지 않는 장점이 있으므로 장단점을 고려하여 설치 및 운용하여야 한다. RF 스캐너는 드론이 방사하는 RF 신호를 측정하여 탐지하는 기술이다. 일반적으로 상용 드론이 사용하는 주파수를 측정할 경우에는 드론과 조종기의 위치를 파악할 수 있다. 하지만 다른 통신 장비가 동일한 주파수를 사용하면 탐지에 방해가 될 수 있는 단점이 있다. 식별 기술은 EO/IR<sup>5)</sup> 센서, 음향탐지 센서 등의 방법을 이용한다. EO/IR은 가시광선 및 적외선 영상을 이용하여 표적을 탐지 및 식별하는 기술로 탐지된 물체의 외관 정보를 바탕으로 식별한다. 실제 물체를 광학 장비를 이용하여 판단하여 탐지 시 오차를 줄일 수 있는 장점이 있지만 탐지거리가 짧고 계속해서 움직이는 물체를 추적하여 조준하기 어려운 단점이 있다. 무력화 기술은 크게 하드 킬(레이저, 대공화기, 그물망 등 물리적 타격), 소프트 킬(재밍, 스푸핑 등 전파신호 이용)로 구분할 수 있으며, 최근에는 불법 드론에 대해 효과적으로 대응하고 위해 하드 킬과 소프트 킬을 혼합한 기술을 사용하고 있다(Choi et al., 2017; Hwang and Kim, 2020; Kim et al., 2021).

<Table 2> Anti-drone technology classification table

Classification		Technical Concept	
Detection(D) & Identification(I)	Radar (D)	Use X-Band and Ku-Band	
	RF Scanner (D)	Communication signal analyze between drone and controller	
	EO Camera (D, I)	Camera with Eo sensor	
	IR Camera (D, I)	Camera with IR sensor	
	Acoustic Sensor (I)	Calculation the noise delay with acoustic sensor	
	Visual Identification (I)	Identify the controller by drone's identification number	
	Electric Identification (I)	Actively passive electronic remote identification with identification number or operator identification number	
Neutralization	Hard Kill	Net Gun	Illegal drone capture using nets
		Bird	Train birds of prey to capture illegal drones
		Anti Aircraft Weapons	Combining anti-aircraft artillery and short-range radar to shoot down drones
		Direct Energy Weapons	Shoot down illegal drones with guns equipped with lasers and RF
	Soft Kill	Communication Jamming	Interferes with radio waves, making flight impossible.
		GNSS Jamming, Spoofing	Inability to fly or flight condensation due to injecting false coordinates
		Take Control	Hack the protocol or be captured by landing and incapacitating the flight
	Geo-fencing	Prevents flights in specific areas by entering no-fly zone information into the drone's navigation software GPS	

3) C-UAS : Counter-Unmanned Aircraft System, 무인비행장치 대응 시스템

4) RCS : Radar cross section, 레이더반사면적

5) EO/IR : Electric optics/Infra red, 전자광학 및 열 영상

이러한 안티드론 기술은 여러 국가중요시설에서 도입을 시도하고 있다(Son et al., 2020). 발전소, 변전소의 경우에는 전기 전달을 위한 송전탑의 상당수가 시설 부근에 설치되어 있다. 시설이 해안가나 도심 한가운데 위치할 경우 드론을 이용하여 다양한 경로로 침투가 가능하고, 송전탑도 크기가 다양하기 때문에 침투가 쉬울 수 있다. 하지만 드론을 대응하기 위한 안티드론 장비의 관점에서는 음영지역이 발생하기 쉬운 단점이 있다. 위와 같은 상황을 고려하여 현재는 탐지 장비와 무력화 장비를 우선적으로 구축하고 있다.

본 논문에서는 RF 스캐너의 드론 신호 탐지 시 송전탑이 주는 영향에 대해 측정 및 분석을 진행하였다. RF 스캐너를 설치 후 드론 신호 탐지 시 드론과 RF 스캐너가 LOS가 확보됨에도 탐지가 불가능한 경우가 발생하였고, 주요 원인을 분석한 결과 주변의 송전탑이 드론의 RF 신호를 감쇠시켜 탐지가 불가능한 것으로 추정하여 연구를 진행하였다. 실험은 측정 대상 송전탑 주변 전파 환경 측정 후 기준 실험, 감쇠율 측정 실험을 진행한다.

## II. 본 론

본론에서는 드론 신호 탐지 시 송전탑의 영향성 확인을 위한 전체적인 실험 방법에 대한 내용을 설명한다. 실험을 진행하기 전에 주파수의 중복 사용 확인을 위해 측정 대상 송전탑 주변의 전파 환경을 측정한다. 그리고 개활지에서 드론의 전파신호를 수신하는 기준 실험을 진행한다. 기준(Reference) 실험을 통하여 고도별 드론 신호의 세기를 확인한 후에 거리가 다른 다수의 지점에서 LOS 상에 송전탑을 위치시켜 신호의 세기를 측정한다. 송전탑 주변 전파 환경 측정 시와 송전탑 전자파 감쇠 측정 시 모두 평균운량 3.1 이하, 일강수량은 없는 맑은 날씨 환경에서 진행하였다.

### 1. 측정 대상 주변 전파 환경 확인

측정 대상은 개활지에 위치한 대략 150 m 높이의 송전탑이고, 장비는 수신용 안테나(SAS-510-2)와 전파 수신기를 사용하였다. 측정은 송전탑으로부터 거리와 각도가 다른 3개 지점(1번 지점 293 m, 2번 지점 365 m, 3번 지점 445 m)에서 진행하였고 아래의 <Fig. 1>에 3개의 지점과 송전탑과의 거리를 표시하였다. 측정 주파

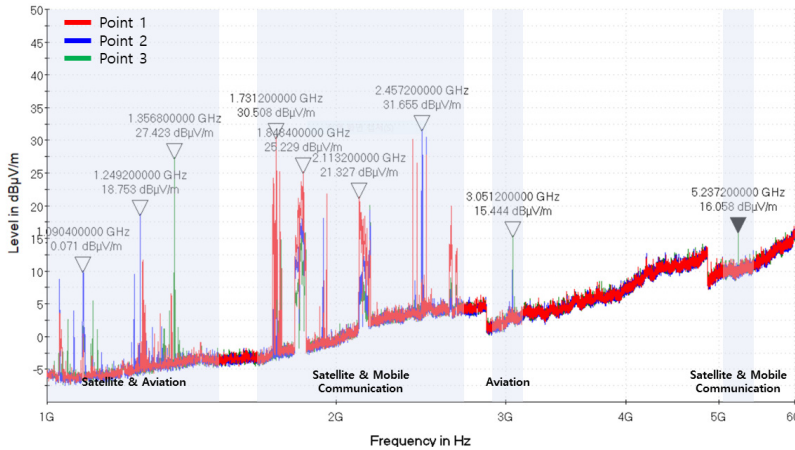


<Fig. 1> Location and distance of 3 measurement points about electromagnetic circumstance

6) LOS : Line of sight, 가시선

수 대역은 실험에 사용할 드론이 사용하는 주파수 대역(2.4 GHz, 5.8 GHz 대역)과 중복 사용하고 있는지 확인하기 위해서 1 GHz ~ 6 GHz 범위를 선택하였다.

아래의 <Fig. 2>와 같이 1 GHz ~ 6 GHz 구간에서 전파 환경을 측정된 결과로 이동통신, 항공, 위성(지구국)에서 주파수 사용이 감지 되었지만, 실험을 진행하기 위한 드론의 통신 주파수와 중복되는 주파수는 없으므로 실험할 수 있다고 판단하였다.



<Fig. 2> Result of electromagnetic circumstance measurement

## 2. 기준(Reference) 측정

기준(Reference) 실험은 특정 거리만큼 떨어진 곳에서 드론의 고도 변화에 따른 드론 신호 세기의 정도를 측정하여 이득 차이를 확인하는 것이다. 이는 LOS 상에 송전탑이 위치했을 때 드론의 고도 변화에 따른 신호 세기의 변화 정도를 확인하는 기준이 되는 실험이다. 실험에 사용된 드론은 2.4 GHz, 5.8 GHz 대역을 사용하는 상용 드론 1기를 사용하였다. 먼저 주변 송전탑과 송전선 전자기장의 영향을 받지 않도록 하기 위해 드론과 전파 수신기는 송전탑, 송전선과 대략 300m 떨어진 거리에서 평행하게 설정하여 드론과 전파수신기 사이에 LOS를 확보하였다. 그리고 전파 수신기와 500 m 떨어진 거리에서 드론의 비행고도를 20 m ~ 220 m 범



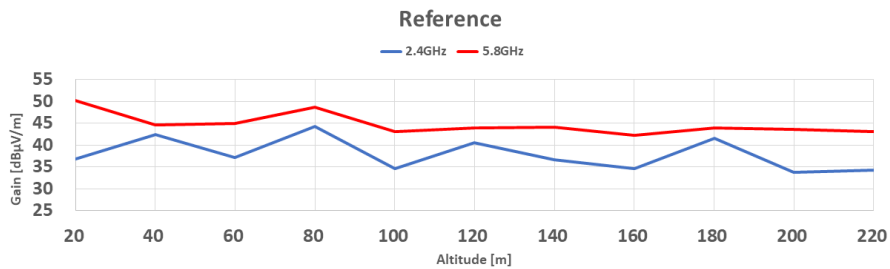
<Fig. 3> Setup for reference test

위에서 20 m 씩 변화하여 드론에서 방사되는 RF 신호의 세기를 측정하였다. 사용한 드론이 조종기는 측정에 영향을 주지 않기 위해 측정 지점과 드론 간 LOS 경로의 수직 방향으로 290 m 떨어진 지점에 위치하였다.

아래의 <Table 3>과 <Fig. 4>는 측정 결과를 고도 변화, 고도 변화에 따른 거리 증가, 2.4 GHz, 5.8 GHz 대역에서 측정된 이득 결과를 나타낸 표와 이득 결과와 추세선을 표시한 그래프이다. 측정 결과 고도 20 m ~ 220 m 범위에서 전파수신기에 측정된 이득 차이는 대략 4.8 dB  $\mu\text{V}/\text{m}$  발생하였다. 그리고 고도에 따른 이득의 차이와 고도별 측정 결과 패턴도 2.4 GHz, 5.8 GHz 대역에서 유사하게 발생하였다. 측정하는 주파수 대역이 다르지만, 고도가 상승함에 따라 증가하는 거리도 고려하면 유사한 이득 감소 결과를 알 수 있었다.

<Table 3> Measured gain and distance by different altitudes

Altitude [m]	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Gain at 2.4 GHz [dB $\mu\text{V}/\text{m}$ ]	36.8	42.4	37.2	44.3	34.6	40.6	36.7	64.7	41.6	33.8	34.4
Gain at 5.8 GHz [dB $\mu\text{V}/\text{m}$ ]	50.2	44.6	45	48.7	43.1	43.9	44.1	42.3	43.9	43.6	43.1
Distance [m]	540.2	541.2	542.9	545.3	548.5	552.3	556.9	562.1	568	574.5	581.6



<Fig. 4> Measured gain and distance by different altitudes

### 3. 송전탑 전자파 감쇠(Measurement) 측정

앞서 진행한 전파 환경 측정 실험과 기준 실험 결과를 바탕으로 드론과 전파 수신기간 LOS 경로상에 송전탑을 포함하여 송전탑에 의한 전자파 감쇠 정도 측정 실험을 진행하였다.



<Fig. 5> Setup for measurement test

측정은 위의 <Fig. 5>와 같이 송전탑으로부터 각각 다른 거리의 4개 지점에서 진행하였다. 드론과 조종기의 위치는 송전탑을 기준으로 측정 위치와 반대 방향에 위치하게 하였다. 측정에 사용한 드론은 상용 드론으로 이륙 시 드론의 안전과 드론과 조종기간 LOS 확보를 위해 드론의 비행고도를 70 m ~ 190 m까지 20 m 단위로 변화시켜 측정하였다. 드론과 조종기 사이의 사용주파수는 2.4 GHz 사용 대역폭 중에서 10 MHz (2.4625~2.4725 GHz)를 지정하였고, 5.8 GHz 사용 대역폭 중에서 10 MHz (5.839~5.849 GHz)를 지정하여 사용하였다.

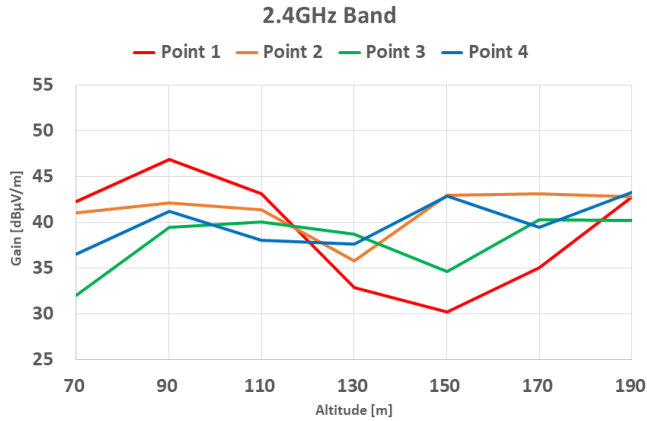
측정 결과 4개의 측정지점에서 측정한 결과 드론의 비행고도 110 m ~ 170 m에서 이득이 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 LOS가 송전탑에 가려질 경우에 이득이 감소하는 것을 알 수 있었다. 아래의 <Table 4>와 <Table 5>는 측정 결과를 나타낸 표이고, <Fig. 6>과 <Fig. 7>은 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

<Table 4> Measurement results at 2.4 GHz

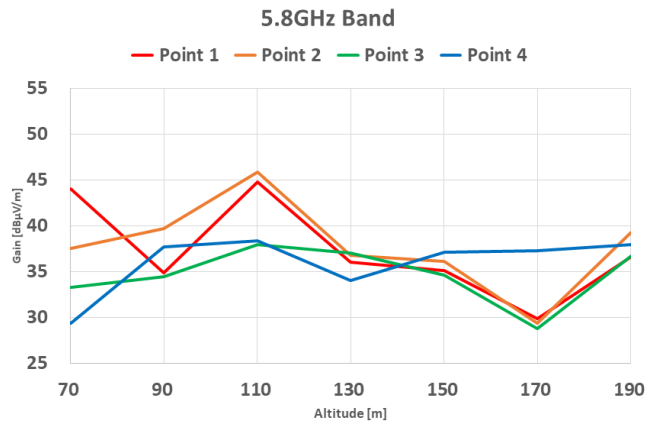
Altitude [m]		70	90	110	130	150	170	190
Point 1	Gain [dB $\mu$ W/m]	42.4	46.9	43.2	32.9	30.2	35.0	42.8
	Reduction Rate [%]	8.3	0.0	4.6	26.6	31.9	20.2	1.1
	Distance [m]	445.7	449.3	453.8	459.1	465.2	472.1	479.7
Point 2	Gain [dB $\mu$ W/m]	41.1	42.1	41.4	35.8	43.0	43.1	42.8
	Reduction Rate [%]	10.5	7.3	8.0	19.5	2.4	1.1	0.7
	Distance [m]	525.2	528.4	532.3	537.0	542.3	548.3	555.0
Point 3	Gain [dB $\mu$ W/m]	32.1	39.5	40.1	38.8	34.7	40.3	40.2
	Reduction Rate [%]	29.8	12.7	10.5	12.5	20.9	7.2	6.2
	Distance [m]	559.5	562.4	566.0	570.3	575.2	580.7	586.9
Point 4	Gain [dB $\mu$ W/m]	36.6	41.2	38.1	37.6	42.9	39.5	43.4
	Reduction Rate [%]	18.7	7.4	13.6	13.7	0.5	7.4	0.0
	Distance [m]	893.1	895.0	897.3	900.0	903.2	906.8	910.9

<Table 5> Measurement results at 5.8 GHz

Altitude [m]		70	90	110	130	150	170	190
Point 1	Gain [dB $\mu$ W/m]	44.1	34.9	44.8	36.0	35.1	29.9	36.6
	Reduction Rate [%]	0.0	16.6	0.0	11.9	13.3	25.2	7.3
	Distance [m]	445.7	449.3	453.8	459.1	465.2	472.1	479.7
Point 2	Gain [dB $\mu$ W/m]	37.5	39.7	45.9	36.8	36.1	29.3	39.3
	Reduction Rate [%]	10.7	4.4	0.0	9.5	10.0	26.1	0.0
	Distance [m]	525.2	528.4	532.3	537.0	542.3	548.3	555.0
Point 3	Gain [dB $\mu$ W/m]	33.3	34.5	38.0	37.0	34.6	28.8	36.7
	Reduction Rate [%]	20.2	16.4	6.8	8.2	13.1	27.0	5.7
	Distance [m]	559.5	562.4	566.0	570.3	575.2	580.7	586.9
Point 4	Gain [dB $\mu$ W/m]	29.4	37.7	38.3	34.0	37.1	37.3	38.0
	Reduction Rate [%]	28.5	7.1	4.6	14.3	5.5	3.9	0.9
	Distance [m]	893.1	895.0	897.3	900.0	903.2	906.8	910.9



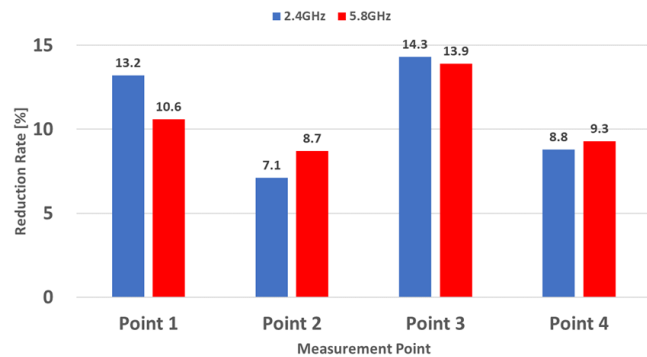
<Fig. 6> Result of measurement test at 2.4GHz band



<Fig. 7> Result of measurement test at 5.8GHz band

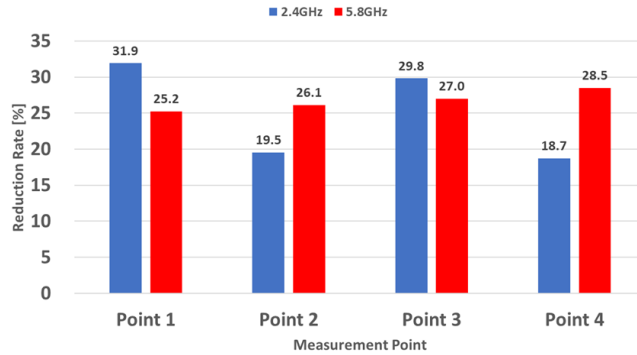
#### 4. 결과 분석

기준 실험과 송전탑 전자파 감쇠 실험을 바탕으로 분석하면 다음과 같다. 송전탑의 철골 구조물에 의해



<Fig. 8> Average reduction rate of each measurement point

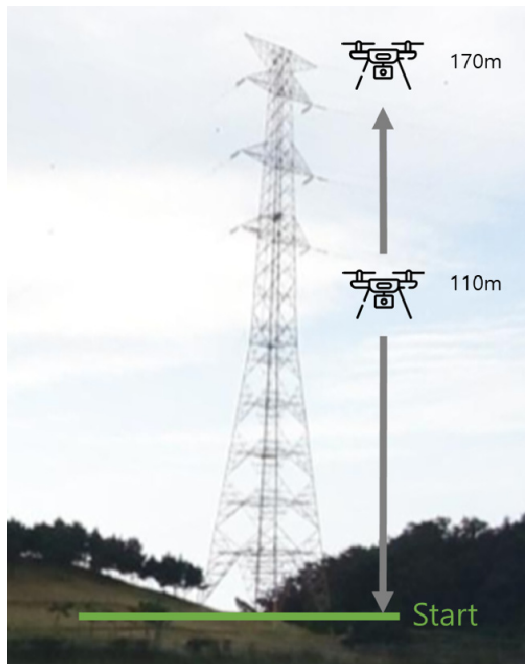




<Fig. 9> Maximum reduction rate of each measurement point

드론과 전파수신기간 LOS가 확실하게 확보되지 않은 경우에 특정 지점에서 이득이 감소하는 결과를 보였다. 각 측정지점에서의 평균 감쇠율과 최대 감쇠율은 2.4 GHz와 5.8 GHz 대역에서 유사한 패턴을 보였다.

이는 사용주파수의 차이뿐만 아니라 송전탑의 물리적 형상과 밀도에 영향을 많이 받는 것으로 판단된다. 아래의 <Fig. 10>은 실제 측정 대상으로 선정된 송전탑으로 일반적인 송전탑 구조물의 형상과 같이 아래쪽은 구조물의 밀도가 낮고, 높은 쪽으로 갈수록 구조물의 밀도가 점점 증가하게 된다. 본 연구에서 측정 대상으로 지정한 송전탑의 경우에는 드론의 비행고도 110 m ~ 170 m 지점에서 수신 신호 이득이 특히 감소하는 경향을 보였는데, 그 원인으로 110 m 이하 부분은 첩골 구조물의 밀도가 상대적으로 작은 반면에 110 m 이상 부분은 밀도가 높기 때문에 드론 신호 세기 측정에 영향을 줄 수 있다고 생각된다.



<Fig. 10> Transmission tower for measurement

### III. 결 론

본 논문에서는 RF스캐너 탐지 성능에 송전탑이 미치는 영향을 측정 및 분석하였다. 드론 탐지를 위한 RF스캐너 성능 시험 시 LOS가 확보됨에도 드론을 탐지하지 못하는 경우가 있다. 탐지 불가 원인을 분석한 결과 변전소, 발전소, 해안 등 송전탑이 RF스캐너의 탐지 성능에 영향을 미치고 있었다. 송전탑이 RF스캐너 성능에 미치는 영향 시험은 측정 대상 송전탑 주변의 전파 환경을 측정하여 확인한 후 기준 실험, 4개 지점에서 송전탑을 포함한 실험을 진행하였다. 시험에는 드론에서 나오는 전파를 수신하기 위한 전파수신기와 수신용안테나, 상용 제품 드론 1기가 사용되었고, 사용 주파수는 2.4 GHz와 5.8 GHz 대역에서 진행하였다.

실험 결과로 송전탑에 의해 드론과 전파수신기간 LOS가 확실하지 확보되지 않은 경우에 이득이 감소하였다. 각 측정지점에서의 평균 감쇠율과 최대 감쇠율은 2.4 GHz와 5.8 GHz 대역에서 유사한 결과를 보였다. 드론의 RF신호 감쇠 원인으로 송전탑 구조물 형상의 밀도에 따라 감쇠 정도가 달라지는 것을 알 수 있었다. 송전탑의 구조상 상대적으로 철틀 구조물의 밀도가 높은 지점에서 전자파의 감쇠가 많이 일어났다.

본 논문의 결과를 바탕으로 드론이 탐지 장비 기준으로 송전탑 철틀 구조물 뒤쪽에 있는 경우에 탐지가 되지 않을 확률이 높아지는 것을 알 수 있다. 추후에는 송전탑의 송전선에 의한 전자파 영향을 확인하여 송전선과 철틀 구조물을 포함한 탐지장비 사용 시 송전탑의 영향성을 파악할 필요가 있다고 생각된다. 그리고 탐지 장비 설치 및 운용 시 송전탑의 RF 영향성을 고려하면 도심 속 변전소, 발전소, 고속도로 근처 등 우리나라 전력 계통에 의해 설치된 송전탑 부근에서 RF스캐너 운용 시 탐지 음영지역을 최소화하는 데 활용할 수 있다고 생각된다.

### ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 결과입니다.(2106014)

### REFERENCES

- Ahn, Y. W.(2022), “Research on The Establishing of Counter-Drone System for National Important Facilities”, *Review of Korean Military Studies*, vol. 11, no. 2, pp.59-78.
- Choi, H. R., Jeong, W. H. and Kim, K. S.(2017), “Efficient Drone Detection method using a Radio-Frequency”, *Journal of Satellite, Information and Communications*, vol. 12, no. 4, pp.26-33.
- Electronics and Telecommunications Research Institute(2023), *A Trend Survey on Precision Positioning Technology for Drones*.
- Hwang, S. P. and Kim, D. H.(2020), “A Study on the Establishment of Anti-Drone system for the Protection of National Important Facilities”, *Journal of Digital Convergence*, vol. 18, no. 11, pp.247-257.
- Institute for National Security Strategy(2023), *Anti-drone policy development plan*, No. 215.
- Kim, S. G., Noh, Y. H., Hong, I. P. and Yook, J. G.(2021), “Stepwise RF Measurement Method for

- the Analysis of Drone's Communication Signals”, *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 32, no. 4, pp.370-376.
- Korea Institute of Aviation Safety Technology(2021), *Domestic and Foreign Drone Industry Trends Analysis Report*.
- Korea Institute of Aviation Safety Technology(2022), *2022 Drone Industry Survey Report*.
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning(2021), *Anti Drone*.
- National IT Industry Promotion Agency(2023), *ICT Global Market Analysis*.
- Sim, J. H., Hwang, E. C., Son, C. G. and Ryu, Y. S.(2023), “Anti-Drone Countermeasures According to Drone Accident Cases and Technology Trend”, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 24, no. 2, pp.651-659.
- Son, C. G., Lim, K. S., Park, C. and Kim, S. C.(2020), “The Construction of an Anti-drone System to Protect National Important Infrastructure”, *Journal of Scientific Criminal Investigation*, vol. 14, no. 3, pp.189-202.