

# RF 방사 신호로 인한 특정 주파수 수신 잡음 현상의 원인분석 및 개선

권정혁<sup>1</sup> · 김종민<sup>1</sup> · 이왕상<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>한국항공우주산업(주)

<sup>2</sup>경상국립대학교

## Analysis and Improvement Specific Frequency Reception Noise Phenomena Due to RF Radiation Signal

Jung-Hyuk Kwon<sup>1</sup>, Jong-Min Kim<sup>1</sup>, Wang-Sang Lee<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Korea Aerospace Industries, LTD

<sup>2</sup>Dept. of Electronic Engineering, Gyeongsang National University (GNU)

### Abstract

The purpose of this paper was to identify a method to improve received noise in a specific frequency band, caused by RF radiation signals during aircraft operation. The communication equipment of the aircraft is critical to the performance and safety of the flight mission, as it is responsible for the function of internal and external communications. Noise-free, clean communication quality, as well as transmission and receiving functions have to be implemented. Thus, the cause analysis of the reception noise in a specific frequency band, was analyzed through trouble shooting. The receiving noise due to the RF radiation signal emitted from the subsystem unit inside the aircraft, was improved by shielding with a CAP with electroless nickel plating applied. Additionally, the measurement and verification results of the improvement method are also described.

### 초 록

본 논문에서는 항공기 운영 중에 RF 방사 신호로 인하여 발생한 특정 주파수 대역 대의 수신 잡음에 대한 개선 방안을 연구하였다. 항공기의 통신장비는 내/외부통신의 기능을 담당하기에 비행 임무 수행과 안전에 있어서 매우 중요하다. 잡음이 없고 깨끗한 통신 품질과 송/수신 기능이 구현되어야 한다. 따라서 특정 주파수 대역 대의 수신 잡음 현상을 고장탐구를 통해 원인분석을 하였다. 항공기 내부의 특정 보조시스템 장비에서 발산되는 RF 방사 신호로 인해 발생한 수신 잡음을 무전해 니켈 도금이 적용된 CAP으로 차폐하여 개선하였다. 또한, 개선 방안에 대한 측정 및 검증 결과도 함께 기술하였다.

**Key Words** : 차폐(Shield), 무전해 니켈 도금 캡(Electroless Nickel plated Cap), 카드뮴 도금 캡(Cadmium plated Cap), 특정 주파수 잡음(Specific frequency noise), 하울링(Howling), 발진(Oscillation)

## 1. 서 론

훈련기와 경공격기 항공기는 비행 시 2대 이상의 항공기가 편대를 이루어 임무와 훈련을 수행하기에 내/외부통신은 매우 중요하다. 주로 항공기의 통신 시스템은 Fig. 1과 같이 무전기(U/VHF Radio), 인터컴(Intercom), 안테나 선택 장비와 상/하부 통신

안테나로 구성된다. 무전기는 외부와의 무선 송수신 기능, 인터컴은 전/후방석 조종사 간 내부통화 기능 및 외부통신 시의 음성 제어기능, 안테나 선택 장비는 상/하단 통신 안테나 자동 선택 기능을 하고 상/하부 통신 안테나는 무선 신호를 외부로 방사하는 기능을 수행한다[1].

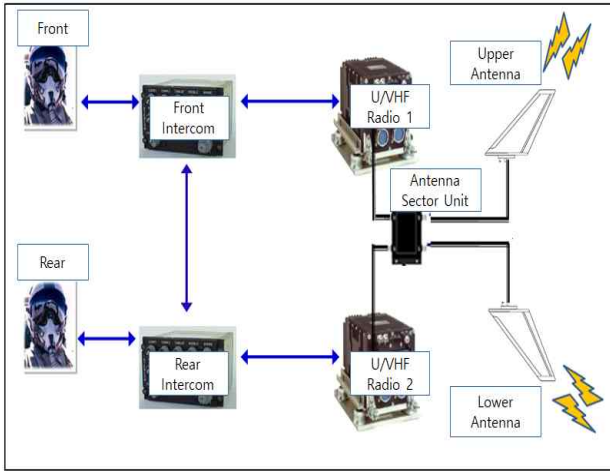


Fig. 1 Communication system of aircraft

통신 시스템 구성품들은 각 기능을 통해 항공기에서 조종사 간의 내부통화와 편대항공기, 타 항공기 및 지상 타워와의 외부 통화가 가능하다. 하지만 통신 시스템은 통신 기능의 정상 동작뿐 아니라, 잡음이나 간섭이 없는 통신 품질 상태도 매우 중요하다. 잡음과 간섭으로 인해 통신 품질이 저하되면 조종사의 임무 저하로 비행 임무에 영향을 미치게 되고 불필요한 정비 소요도 발생하게 된다[2]. 또한, 항공기는 내부의 다양한 시스템이 구성되어 있고 항공전자시스템의 발전에 따라 시스템 간의 내/외부의 간섭으로 인해서 통신 품질에 영향을 주는 잡음이 유발되는 사례가 있어 원인분석 및 고장탐구를 통한 개선방법이 연구 중이다[3-4]. 본 논문에서는 항공기 운영 간에 내부 시스템에서의 발생하는 RF 방사 신호로 인해 특정 주파수 대역(2XX ~ 3XX MHz)대에서 잡음이 하울링과 같은 형태로 수신되어 지상 및 비행 운영에 영향을 주는 현상에 대해 원인분석 및 고장탐구를 통해 개선안을 도출한 연구결과를 기술하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 현상 분석

수신 잡음이 발생할 때 저장된 음성을 분석한 결과, 하울링과 같은 잡음이 수신됨이 확인되었다. 하울링 현상은 확성 장치의 스피커와 마이크로폰이 접근하여 배치되어 있을 때 스피커에서 「삐」하는 소리를 발하는 현상이다. 이것은 스피커의 음이 마이크로폰에 들어가 증폭되어서 다시 스피커를 통해 정제환의 루프로 형성되어 발진상태가 된다. 즉, 발진은 Fig. 2와 같이 되먹임(Feedback)과 경로(Loop)의 개념에서 시작되며, 되먹임은 출력성분이 입력 쪽으로 되돌아가는 현상이다. 출력신호가 입력으로 돌아가는 경로가 생성되면 출력의 신호는 다시 입력으로 돌아가면서 이득(Gain)이 점점 더 커져서 잡음과 같은 하울링 현상을 유발할 수 있다[5]. 따라서, 특정 주파수 잡음을 유발할 수 있는 항공기 내/외부 요인을 구성하여 분석이 필요하였다.

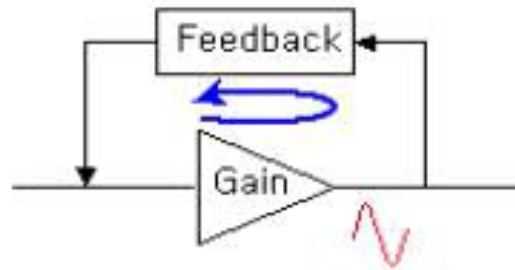


Fig. 2 Cause of Oscillation

### 2.2 주요 원인 구성

근본 원인을 분석을 위해 Fig. 3과 같이 특정 주파수 잡음을 유발할 수 있는 주요 원인 요소를 통신 시스템 장비, 접지/분당 및 RF 케이블, 항공기 외부 잡음 유입과 내부 잡음 경로의 영향성으로 구성하여 순차적으로 검토하였다. 주요 원인 구성에 따라 현상이 발생한 통신 시스템 장비와 접지 및 RF 케이블과 통신 시스템 내/외부의 영향성을 먼저 검토하고, 항공기 외부요소 및 내부 경로상에 잡음 발생 요소에 대해 확대하여 검토하였다.

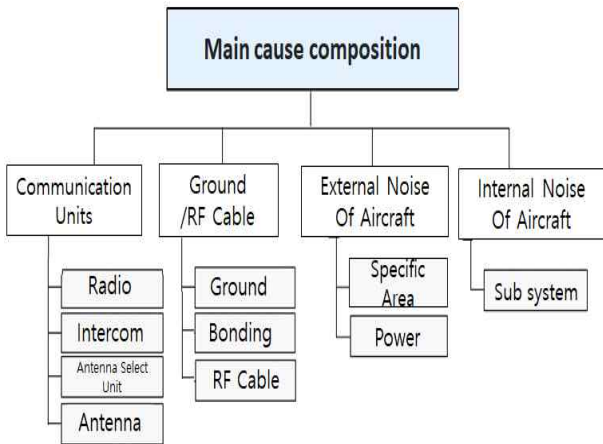


Fig. 3 Main cause composition for receive noise

2.2.1 통신 계통 장비 영향성 검토

수신 잡음을 유발할 수 있는 주요 통신장비인 무전기와 인터컴 대상으로 신호 발생기(Signal Generator)를 통해 지속적인 무한 경로 송신 신호를 발산하였고, 잡음이 발생한 특정 주파수 대역대 신호 레벨에서의 발진 여부를 측정하였다. Fig. 4와 같이 통신장비 단품 시험에서는 실제 송신되는 중심 주파수(Main Frequency) 신호만 정상적으로 측정되었고, 수신 잡음이 발생한 특정 주파수 신호 대역 대에서도 잡음 레벨이 측정되지 않았다.

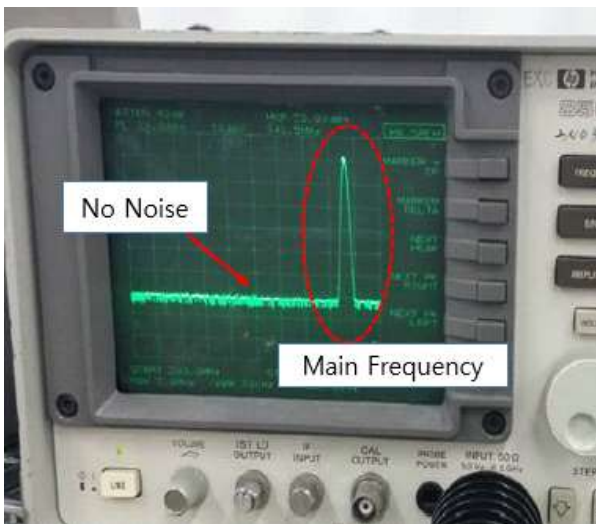


Fig. 4 Measurement result of specific frequency signal level in communication equipment

또한, 항공기에서 수신 잡음 발생 시에 통신 시스템의 주요장비 및 구성품을 순차적으로 교체하여 점검한 결과, Table 1과 같이 잡음은 지속해서 발생하여 영향성이 없음이 확인되었다. 추가적으로 Fig. 5와 같이 다양한 전압강하 및 PTT (Push to Talk) 신호를 무전기와 인터컴 등의 통신장비에 송신하여 재현 시험을 수행하였으나 특정 주파수 대역의 잡음은 재현되지 않아서 통신 시스템 장비의 영향성은 없음이 확인되었다.

Table 1 Inspection result after change of communication system unit

Changed Communication Unit	Noise
Radio	Occurred
Intercom	Occurred
Antenna Select Unit	Occurred
Up/Lower Antenna	Occurred
RF Cable	Occurred



Fig. 5 Reproduction test of U/VHF radio and intercom reception noise

2.2.2 저항 및 본딩 영향성 검토

항공기 내부의 통신 시스템에 도통, 본딩 및 접지의 적절성 확인을 위해 본딩 미터와 멀티 미터로 측정하였다. Table 2와 같이 통신 시스템 장비 간, 안테나 간의 도통 결과는 정상이었고, 본딩과 접지 모두 기준치에 맞게 측정되어서 영향성 없음이 확인되었다.

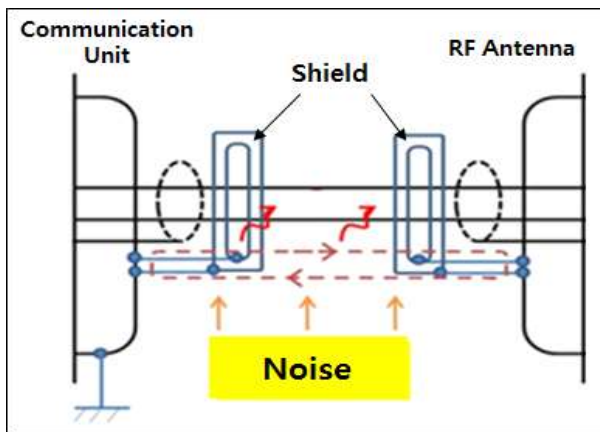
**Table 2** Check result of bonding and grounding

Category	Standard	Result
Continuity Check	Continuity	Good
Bonding Check	Less 2.X mΩ	0.X mΩ (Good)
Ground Check	Less 1 Ω	0.X Ω (Good)

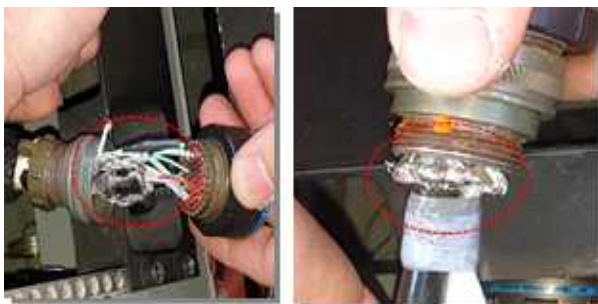
**2.2.3 통신 케이블 영향성 검토**

통신 시스템의 케이블의 EMI 차폐상태가 제작/장착 및 운영 간의 영향으로 차폐 부위가 손상될 경우, Fig. 6과 같이 내/외부 신호가 유입되어 잡음과 같은 형태로 수신될 수 있다.

통신 시스템에 케이블에 전자기 차폐 부분인 백셸(Backshell) 및 차폐를 분리 후 내부 상태와 작업 상태도 확인한 결과, Fig. 7과 같이 양호한 작업상태와 손상 없는 차폐상태가 유지함을 확인되었다[6].



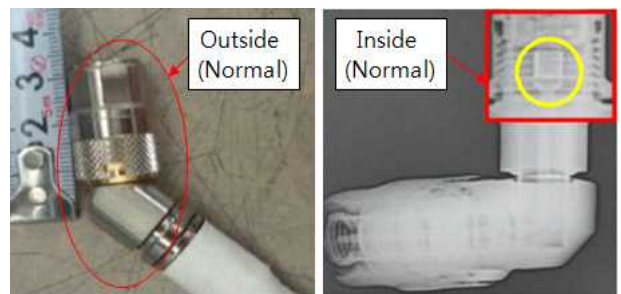
**Fig. 6** Noise signal entering the shield



**Fig. 7** Check result of the backshell & shield of RF cable

통신장비와 송/수신안테나 간에 연결되는 RF 케이블을 제작 및 장착 시에 우발적인 축력 등으로 인하여 케이블 차폐 손상, 유전체 유동 발생, Contact 불량으로 인해 원치 않는 잡음이 유발할 수 있다. 특정 주파수 잡음이 지속해서 발생한 항공기의 RF 케이블을 탈거하여 X-ray로 외/내부 상태를 확인하였다. 점검한 결과, 항공기의 시스템에 적용된 RF 케이블과 같은 적합한 작업방식이 적용되었고[7], RF 케이블에 라벨 튜브, 수축 튜브, 케이블 해체 등의 구성품을 단계적 분해 검사 시에도 Fig. 8과 같이 특이사항이 확인되지 않았다.

또한, RF 케이블의 부적절한 제작 및 장착이 될 경우, RF 간섭 신호 등으로 인해 통신시스템의 안테나의 송/수신 시에 반사파의 영향과 단선으로 인한 잡음 신호가 유발될 수 있다[8]. 통신 시스템의 RF 케이블을 항공기에 장착한 상태에서 RF 케이블에서의 진행파 및 반사파를 주파수 2XX ~ 3XX MHz에서 전력 X ~ XX W 기준으로 Wattermeter로 측정하였다. 측정한 결과, Fig. 9와 같이 진행파와 반사파가 모두 동일하게 측정되어 진행파 및 반사파의 신호는 정상으로 확인되었다.



**Fig. 8** Check result on the inside & outside of RF Cable



**Fig. 9** Traveling and Reflected Waves of RF Cable



통신 시스템 배선에 TDR(Time Domain Reflector meter)를 사용하여 RF 케이블의 단선 부분을 확인한 결과, Fig. 10과 같이 케이블의 내부 단선 및 손상 없음이 확인되었다.

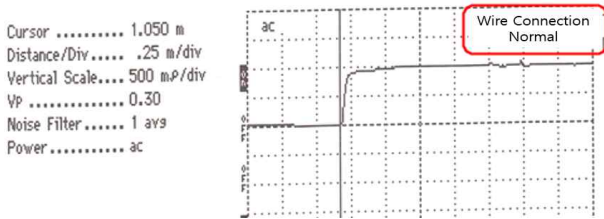


Fig. 10 Measurement result of RF cable disconnection

### 2.2.4 항공기 전원 영향성

항공기 전력계통은 군용 전원 규격(MIL-STD-704F)에 규정된 정상 범위 내의 주 전원을 통신 시스템에 제공해야 하며, 통신 시스템 장비는 규격서 내의 만족하는 성능으로 동작하여야 한다[9]. 항공기 엔진 시동 시에 발생하는 진동 등으로 인해 입력전압 불안정 및 리플(Ripple)이 유발되어 RF 신호의 발전으로 잡음이 발생할 수 있다. 따라서, Fig. 11과 같이 항공기 운영 시에 동일한 전원 조건과 입력전압으로 설정하고, 비교를 위해 엔진 전원, 배터리 전원 및 지상 전원 장비에서 제공되는 입력전압 특성을 스트립 차트(Strip Chart)와 오실로스코프로 측정하였다. 먼저, 전압 및 리플 특성을 저장하고 실시간으로 확인이 가능한 스트립 차트 장비를 사용하여 전압 및 리플 특성을 측정하였다. 측정결과, Fig. 12와 같이 매우 선형적인 특성을 가지고 전원 규격에 만족하는 약 2X V의 선형적인 전압과 리플이 측정되었다.

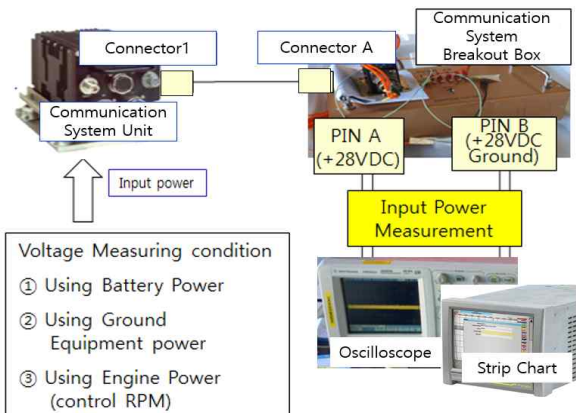


Fig. 11 Measurement the input voltages

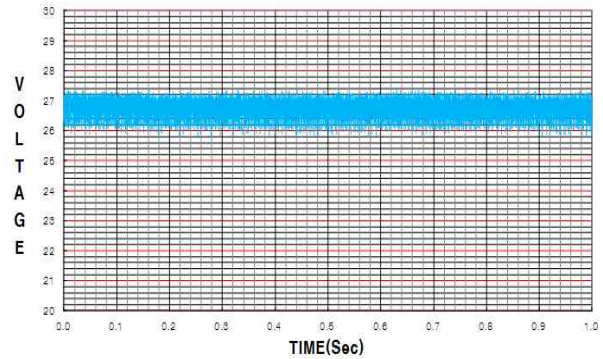


Fig. 12 Measurement result of voltage ripple

또한, 오실로스코프 장비로 전압을 측정한 결과, Table 3과 Fig. 13과 같이 전원 규격 기준(2X V~3X V)을 만족하는 선형적인 항공기 입력전압이 통신장비로 제공되어 항공기 입력 전원에 따른 영향성은 없음이 확인되었다.

Table 3 Measurement Result of Input Power

Battery Power	Ground Equipment Power	Engine Power
26.X V	28.X V	28.X V

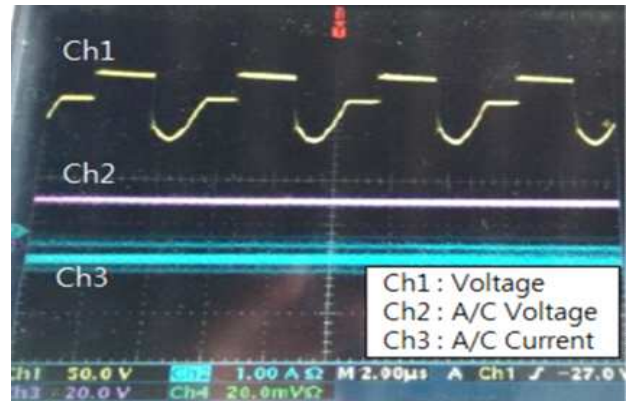


Fig. 13 Measurement result of input voltage of communication system equipment

### 2.2.5 항공기 외부 잡음 경로 검토

통신 시스템 내부에 영향성 없음이 확인되어, 항공기 외부의 특정 위치에서 발생하는 RF 방사 신호가 상/하부 통신 안테나를 통해 유입되는 현상에 대해 검토가 필요하였다. 항공기 외부에서 유입되는

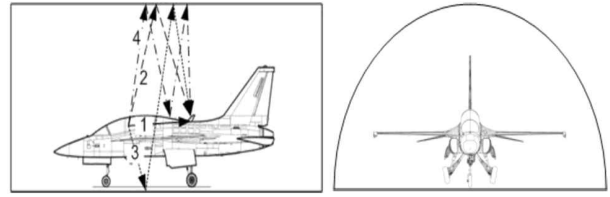
RF 방사 신호로 인해 수신 잡음이 발생할 가능성을 검증하기 위해 항공기를 다양한 위치로 이동하여 점검하였다. Table 4와 같이 이글루 내/외부 및 다양한 위치로 이동한 결과, 모든 위치에서 잡음이 수신됨에 따라 외부의 특정 장소에서 유입되는 잡음이 아님을 확인되었다.

**Table 4** Result of received noise at specific location

Category	Noise
In & outside at Igloo	Occurred
Various location & flight area	Occurred
In & outside at airbase	Occurred

또한, 지상 및 비행 운영전에 항공기를 점검하는 이글루 내에서 송/수신 시에 RF 반사파 및 다경로(Multi path) 등으로 인한 잡음의 유입을 추가로 검토하였다. 항공기 운용 환경으로 인한 영향성을 최소화하기 위해서 항공기 지상 시험은 열린 공간(Open Site)에서 수행하며, Fig. 14와 같이 1번 신호만이 직접 안테나로 수신되고 나머지 신호는 외부로 소실된다. 하지만, 이글루의 내부는 금속 구조물로 구성되고 이글루는 원형으로 밀폐되어 전자파 잡음이 1번 신호에 추가되어 2+3+4...신호가 중첩될 수 있다. 이에 따라 안테나에 수신되는 RF 반사파 신호의 크기가 높아져 강하고 큰 잡음의 형태로 나타날 수 있다. 따라서, 외부에서 유입된 잡음에 대해 둔감 시키기 위해 무전기 장비의 내부에 스quelch 레벨(Squelch Level)을 - X dB 증가시켜서 잡음의 감소 효과를 기대하였다. 스quelch 레벨을 증가시킨 무전기를 장착한 결과, 유입되던 잡음이 일시적으로 감소하였으나, 일정 시간 이후에는 다시 수신되었고 이글루 밖의 열린 공간에서도 지속해서 잡음이 수신되어 RF 반사파 및 다경로로 인한 영향성은 없음이 확인되었다.

결론적으로, 스펙트럼 애널라이저(Spectrum Analyzer) 장비를 사용하여 특정 주파수 잡음 대역 대를 설정하여, 잡음이 유발되는 항공기 내부의 경로를 찾는 것으로 고장탐구 및 원인분석을 하였다.



**Fig. 14** Multipath impact in igloo

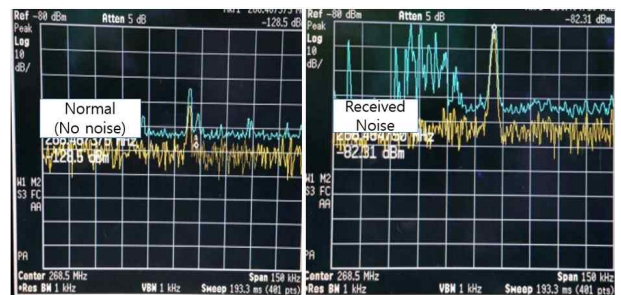
**2.2.6 항공기 내부 잡음 경로 검토**

항공기를 밀폐된 공간으로 이동하여 문을 차폐한 후 외부 잡음이 유입되는 환경을 차단하였음에도 잡음이 지속 수신되어 항공기 내부에서 발생한 잡음을 재확인하였다. 또한, 항공기 내부에서 유입되는 잡음은 조종사 헤드셋을 통해 수신되기에 정확한 경로를 확인하기 위해서 상부 및 하부 통신 안테나를 Fig. 15와 같이 차폐하였다.

하부 안테나의 차폐 시에 수신 잡음이 완전히 발생하지 않았고 상부 안테나에서는 간헐적으로 발생하여 항공기 하부 쪽에서 수신 잡음 경로가 형성되고 있음을 확인하였다. Fig. 16과 같이 하부 안테나에서 잡음이 발생하지 않을 때는 약 -100.X ~ -120.X dBm 정도의 잡음이 없는 정상적이고 규칙적인 RF 신호가 측정되었으나, 잡음이 발생할 때는 약 -70.X ~ 85.X dBm 이상의 강하고 불규칙한 잡음의 형태의 RF 신호가 측정되었다.



**Fig. 15** Shield at the upper and lower of antenna



**Fig. 16** Measurement result of RF noise signal

따라서, Fig. 17과 같이 항공기 하부를 중심으로 스펙트럼 분석기와 Near Field Probe를 사용하여 정확한 잡음의 소스 원을 측정해보았다.

측정한 결과, 항공기의 특정 계통과 관련된 보조시스템 장비내의 테스트용 커넥터 부분에서 Fig. 18과 같이 특정 주파수 대역 대에서 약  $-8X$  dBm 이상의 강하고 불규칙한 잡음의 형태의 RF 방사 신호가 측정되었다.

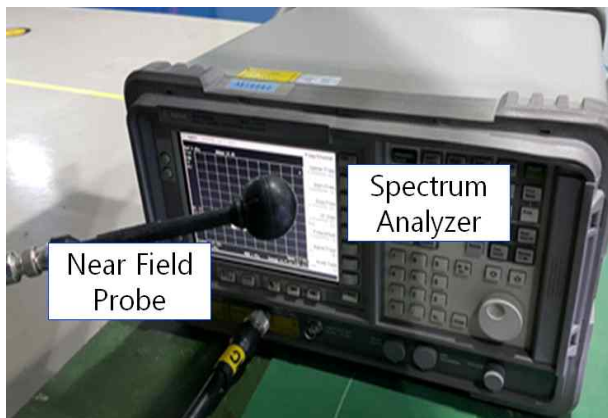


Fig. 17 Near field probe and spectrum analyzer

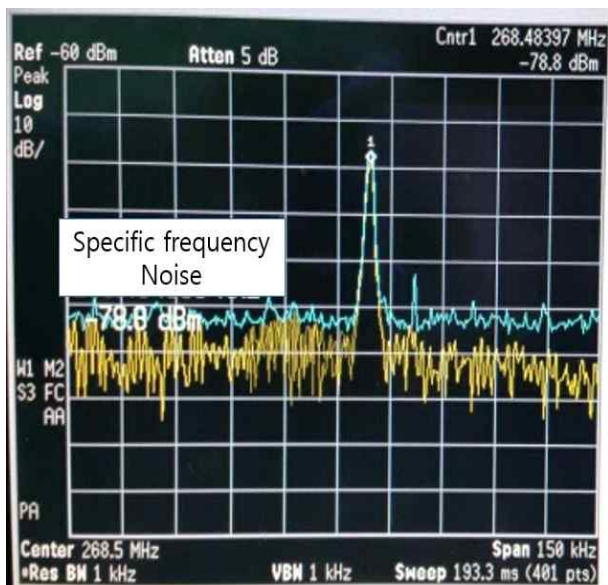


Fig. 18 Noise signal measurement result on the connector of sub system

상세한 영향성 확인을 위해 해당 보조 장비에 인가되는 전원을 차단한 결과, 지속적으로 수신되던 특정 주파수 잡음이 수신되지 않았다. 따라서, 보조시스템의 장비가 RF 방사 신호의 소스 원인을 확인하였다. 따라서, 스펙트럼을 사용하여 보조 장비 내에 RF 방사 신호 부위를 상세히 측정한 결과, Fig. 19와 같이 보조 장비의 테스트용 커넥터에서 RF 방사 신호를 잡음의 형태로 발산하는 안테나와 같은 역할을 하고 있음이 확인되었다. 이에 따라 발산되는 RF 방사 신호가 주변의 배선 경로로 전송되어서 하부 통신 안테나로 수신됨에 따라 헤드셋에서 강한 잡음의 형태로 수신됨이 확인하였다. 하지만, 해당 보조시스템 장비의 기능은 특이사항 없이 정상적으로 동작하였기에, 발산되는 RF 방사 신호를 차폐할 방안을 검토하였다[10].

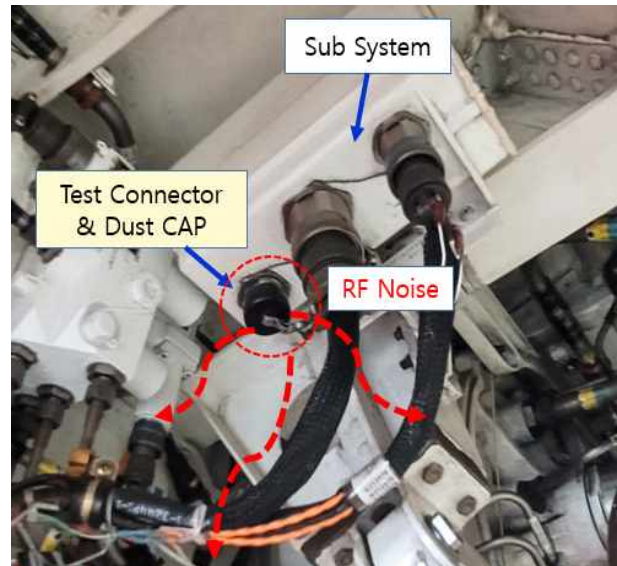


Fig. 19 Noise path through test connector

### 3. 개선안 검토

#### 3.1 RF 방사 신호 차폐 개선 방안

해당 테스트용 커넥터는 항공기에서는 직접 사용되지 않고, 해당 장비를 탈거 후 장비 자체의 기능 점검 시 사용되는 커넥터이다. 따라서, 항공기에서 테스트용 커넥터는 외부 먼지 등의 유입을 방지하고 차폐 역할을 하는 Dust CAP이 장착되어 있다.



보조시스템 장비 내부 및 테스트용 커넥터에서 RF 방사 신호가 발생하더라도 Dust CAP를 통해 차폐되어 항공기 내에 유입되지 않아야 한다. 테스트 커넥터의 Dust CAP에 영향성 확인을 위해 Dust CAP을 장착 및 탈거된 상태에서 잡음의 변화를 측정하였다. Table 5와 같이 잡음과 같은 RF 방사 신호의 형태의 잡음이 지속해서 측정되었다. 즉, Dust CAP 장착 전/후 측정결과가 차이가 없음에 따라 Dust CAP이 RF 방사 신호를 차폐하지 못함이 확인되었다.

테스트용 커넥터 부분에서 특정 주파수 대역의 잡음과 같은 강한 RF 방사 신호가 발생하여 Dust CAP 형상의 변경을 통해 차폐를 강화하는 방안을 검토하였다[11]. 현재 장착된 Dust Cap은 금속의 표면에 얇은 산화막을 만들어서 그 금속의 내부를 보호하는 방법인 양극 처리(Anodized)가 된 CAP 형상으로 비전도성(Non-conductive)의 특성을 가진다[12-14]. 하지만, 전자파 차폐 등을 감소를 시키는 역할을 하나 기준 이상의 고주파 신호가 방사 시 차폐가 제한됨이 확인되었다. 즉, 전도성이 있는 공간에 둘러싸여 있으면 그 공간 내부에서 외부로 나가는 전자파와 외부에서 내부로 들어가는 RF 방사 신호를 차폐할 방안이 필요하였다.

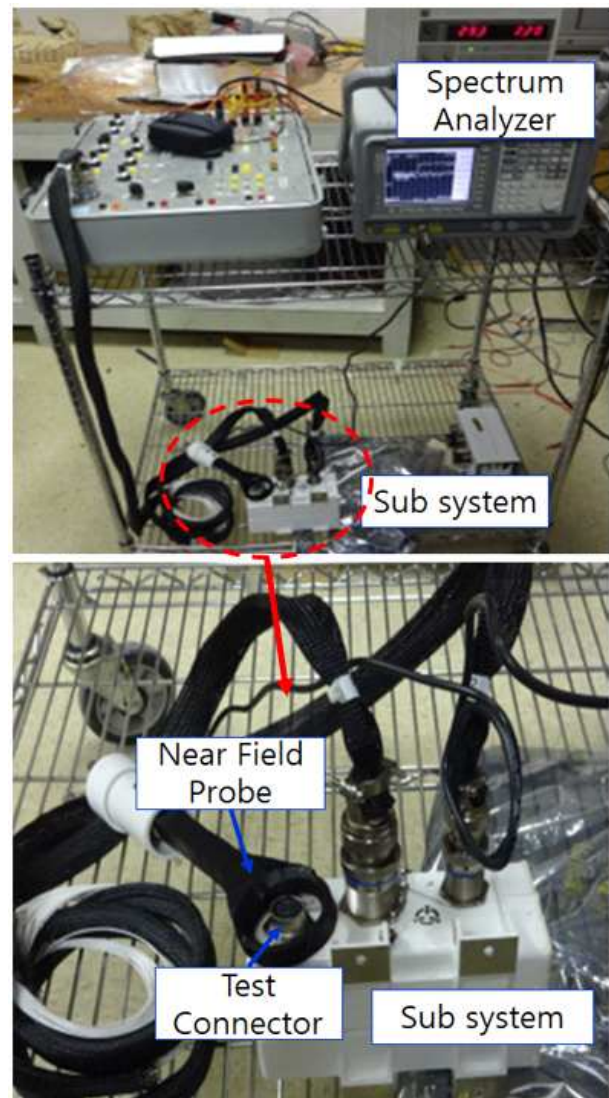
따라서, 비전도도와 비투자율의 차폐 효과와 페리데이 차폐 특성을 가진 카드뮴 재질의 Dust Cap과 [15-16]과, 비자기적인(non-magnetic) 특성으로 비전자기장(Electro Magnetic Field) 및 RF 간섭 및 방사 신호에 대해 우수한 차폐 효과를 가지는 무전해 니켈 재질의 Dust Cap을 준비하여 RF 방사 신호를 차폐 가능성을 개선안으로 검증해보았다[17].

**Table 5** Noise measurement result when CAP is mounted and removed

Category	Result
Removed Dust CAP	Occurred Noise (-8X dBm)
Installed Dust CAP	Occurred Noise (-8X dBm)

#### 4. 개선안 검증 결과

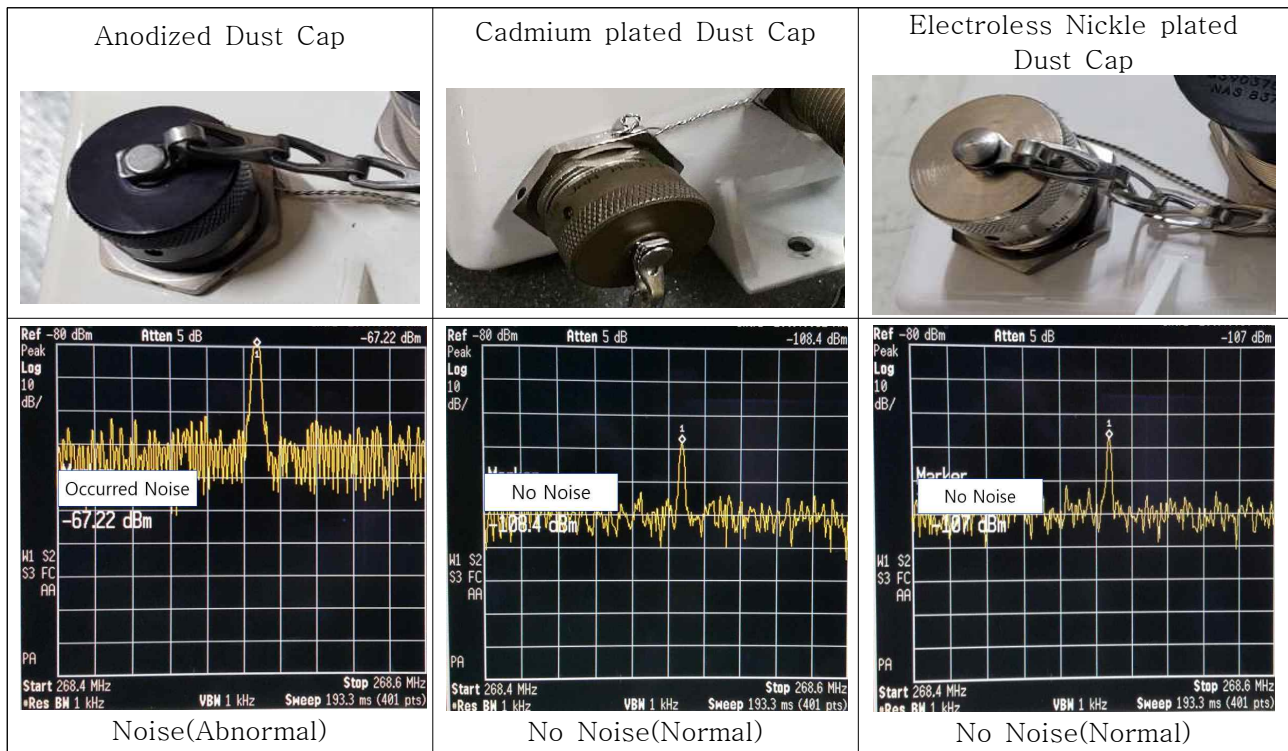
보조시스템 장비 내의 테스트용 커넥터에서 유입되는 RF 방사 신호를 차폐하기 위해 항공기에 기존의 양극 처리, 카드뮴 및 무전해 니켈 재질의 Dust Cap을 장착 후 점검을 통해 개선 여부를 Fig. 20과 같이 비교하였다. 수신 잡음이 발생한 특정 주파수 대역(2XX~3XX MHz)에서 차폐 특성을 측정하였다.



**Fig. 20** Measurement the RF radiation noise signal



Table 6 Noise measurement result by dust CAP type



측정한 결과, Table 6과 같이 카드뮴과 무전해 니켈 재질의 Dust Cap의 장착 시에는 잡음이 측정되지 않았고 RF 방사 신호의 차폐가 가능함이 확인되었다. 하지만 카드뮴의 경우에 항공우주, 군수, 항공분야에 널리 사용 중이나, 최근 카드뮴 금속의 환경 독성으로 인해 환경친화적이지 못하고 사용자의 건강과 안전에 부적합하여 단계적으로 폐기되어 대체 재료를 활용하여 도금을 처리하는 추세이다[18-19]. 따라서, 환경친화적으로 사용자의 안전과 건강에도 유해하지 않고 도금되는 부품의 형상과 관계없이 균일한 코팅과 매우 낮은 마찰계수를 가질 수 있고, 특히 비자극적인 특성으로 우수한 차폐 효과를 가지는 국방 규격화(MIL-DTL-26482)된 무전해 니켈 Dust Cap을 개선안으로 적용하였다[20-21]. 또한, 전기 도금된 니켈 또는 크롬(Chrome) 도금 등에 비해 우수한 마모와 내식성을 가지며 환경 비용과 폐기물 처리 비용 및 불균일한 전류 분포도 해소할 수 있어 최근 항공우주 산업 분야에서는 무전해 니켈 도금이 적용되고 있다[22]. 최종적으로 Fig. 21과 같이 무전해 니켈 plated Dust Cap을 적용한 후 점검하였다.



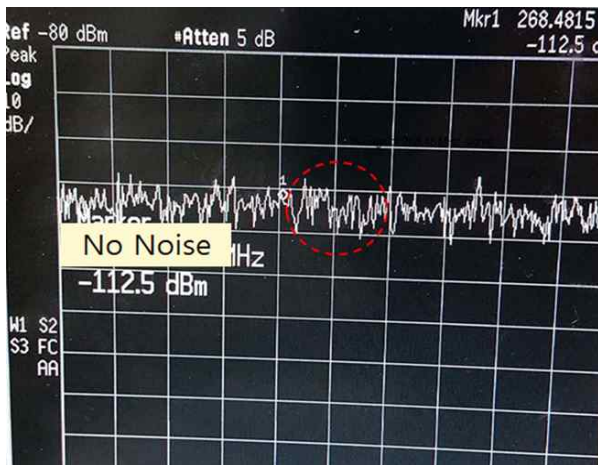
Fig. 21 Improved electroless nickel plated dust Cap installed to the aircraft

개선안 적용 후 항공기에서 내/외부 통신 기능과 오디오, Tone 신호의 기능의 이상 여부 및 추가적인 신호 간섭 여부를 확인한 결과, Table 7과 Fig. 22와 같이 정상적으로 통신 기능이 동작하였고 수신 잡음도 발생하지 않아 개선 효과가 확인되었다.

그리고 Table 8과 같이 운영자와의 인터뷰 결과를 통해 실제 운영 시에도 특정 주파수 대역 대의 하울링과 같은 잡음 현상이 발생하지 않고 기타 통신 기능과 보조시스템의 기능도 정상적으로 동작함이 확인되었다.

**Table 7** Improvement result

Category	Test result (After Improvement)
Internal Communication	Normal(No Noise)
External Communication	Normal(No Noise)
Audio signal	Normal(No Noise)
Tone signal	Normal(No Noise)



**Fig. 22** Noise measurement results after installed the electroless nickle plated dust Cap

**Table 8** Improvement result

Aircraft	Before	After
A	Occurred Noise	Not Occurred Noise
B	Occurred Noise	Not Occurred Noise

## 5. 결 론

항공기 운영 중에 발생하는 특정 주파수 대역 대의 수신 잡음은 항공기 내부의 특정 보조시스템 장비내의 테스트용 커넥터에서 발산되는 RF 방사 신호를 기존의 양극 처리 Dust CAP이 차폐하지 못하여 항공기 하부 안테나를 통해 수신 잡음이 발생하는 현상으로 확인되었다. 따라서, 주요 요인별 고장 탐구 및 원인분석을 통해 RF 방사 신호에 대해 우수한 차폐 특성을 가진 무전해 니켈 Plated Dust Cap으로 형상을 변경하여 특정 보조시스템 장비에서 누설되는 RF 방사 신호를 차폐하여 수신 잡음을 개선하였다. 또한, 고정익 항공기에 해당 사례를 전파하여 항공기상에 사용되지 않는 커넥터에 장착되는 Dust Cap 형상을 차폐 특성이 우수한 니켈 Plated Dust Cap 형상으로 장착 설계를 유도하였다. 본 논문의 고장탐구 방법 및 원인분석 검토 결과를 통해 유사 기종의 항공기에서 RF 방사 신호에 의한 특정 주파수 대역에 잡음 현상이 발생 시에, 다양한 접근방식의 고장탐구와 구체적인 원인분석으로 현상을 개선하여 항공기 운용성 향상에 기인할 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- [1] Yoo. J. S and Park. H. J, "Introducing the latest fighter-class aircraft's internal communications interface," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences* 33(11), October 2016.
- [2] Paul. A. Shahady, "Military Aircraft Noise," *Air Force Aero Propulsion Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio*, Vol. 12, No. 8, August 1975.
- [3] Kwon. J. H, Seo. H. E, and Lee. W. S, "Improvement of Reception Noise during Formation Flight of Aircraft," *Journal of The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol. 49, No. 6, June 2021
- [4] Kwon. J. H, Kwon. I. H, Back. J. H, Jang. G. H, and

- S, Lee. W. S, "Elimination of Screen-Flickering Phenomenon in Multi-Function Display During Flight of Fixed-Wing Aircraft," *Journal of Aerospace System Engineering*, Vol. 15, No. 2, April 2021
- [5] Tedrick. R. N, and Hixson. R. B, "Aircraft Noise and the Airport Community," *Federal Aviation Administration, Washington, DC*, June 1983.
- [6] MIL-DTL-3655D, "Connector, plug and receptacle, electrical (coaxial, series twin), and associated fittings, general specification," *Department of Defense*, July 2004.
- [7] MIL-HDBK-83575, General handbook for space vehicle wiring harness design and testing, *Department of Defense*, June 1998.
- [8] MIL-PRF-39012E, "Performance specification for radio frequency specification for radio coaxial connectors", *Department of Defense*, July 1995.
- [9] MIL-STD-704F, "Aircraft Electric Power Characteristics," *Department of Defense*, May 2004.
- [10] Andre, P. G and Wyatt, K, EMI Trouble shooting Cookbook for Product Designers, *The Institution of Engineering and Technology*, 2014.
- [11] Martin. L. Shooman, "A study of occurrence rates of EMI to aircraft with a focus on HIRF," *Digital Avionics Systems Conference, DASC, AIAA/IEEE. IEEE*, 1993.
- [12] Edwards, Joseph, "Finishing Publications Ltd and ASM International," 1997.
- [13] S. J. Lee, J. H. Lee and S. J. Kim, "Effect of Solution Temperature for Al Alloy Anodizing on Cavitation Characteristics," *Corros. Eng. Sic. Techn*, 2015
- [14] Sheasby, P. G and Pinner, R, "ASM International & Finishing Publications," *Materials Park, Ohio & Stevenage, UK*. ISBN 978-0-904477-23-8, 2001
- [15] Fan, W. C, "Shielding considerations for satellite microelectronics," *IEEE Transactions on Nuclear Science*. 43(6), 1996.
- [16] K, A. Mahmoudab, O, L. Tashlykov, M, I. Sayyed and Esra, Kavaze, "Ceramics International Volume 46," Issue 15, October. 2020.
- [17] "Electroless Nickel Plating," *Erie Plating Co. Retrieved*, September 2018.
- [18] Tom Naguy. George Slenski, Robert Keena, and Gary Chiles, "Replacement Coatings for Aircraft Electronic Connectors: Findings and Potential Alternatives Report, AFRL-ML-TY-TR-1999-4530," *Ft. Belvoir Defense Technical Information Center*, November 1998.
- [19] Why use cadmium plated fasteners in the aeronautical field Archived 2008-07-02 at the Wayback Machine, <https://www.finishing.com>
- [20] "MIL-DTL-26482H CONNECTORS, ELECTRICAL, (CIRCULAR, MINIATURE, QUICK DISCONNECT, ENVIRONMENT RESISTING), RECEPTACLES AND PLUGS, GENERAL SPECIFICATION FOR," *Department of Defense*, February 2007.
- [21] "ASTM B733 - 04(2009) Standard Specification for Autocatalytic (Electroless) Nickel-Phosphorus Coatings on Metal," *American Society for Testing and Materials*, 2009.
- [22] Kanigen Archived 2011-07-20 at the Wayback Machine, <https://www.schnarr.eu>