

## 군용항공기 내 민간방송 비정상 수신 현상에 대한 원인분석 및 개선

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

<sup>1</sup>한국항공우주산업(주)

<sup>2</sup>경상국립대학교

## Cause Analysis and Improvement of Abnormal Reception of Commercial Broadcasting in Military Aircraft

Jung-Hyuk Kwon<sup>1</sup>, Je-Sung Bae<sup>1</sup>, Jong-Min Kim<sup>1</sup>, Kyung-Nam 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

In this paper, the cause analysis and improvement measures were studied for the phenomenon of abnormal reception of commercial broadcasting during flight in military aircraft. Because the communications system of the aircraft is responsible for the functions of internal and external communications, it is very important for flight missions and training. Deterioration of the communication quality due to the abnormal reception of commercial broadcasting affects ground and flight operations. Through cause analysis and fault investigation of the commercial broadcasting reception phenomenon, the role of the reception antenna in the commercial broadcasting band was confirmed according to the instability of the bonding and resistance value of the ground block part connected to the intercom, which is part of the communication system equipment. In addition, it was confirmed that commercial broadcasting was received through the damaged EMI shielding part of the intercom cable. Therefore, countermeasures were taken for the intercom ground block and damaged cable EMI shielding part, and the verification results were also described.

### 초 록

본 논문에서는 군용항공기에서 비행 중 민간방송이 간헐적으로 수신되는 비정상적인 현상에 대해 원인분석 및 조치방안을 연구하였다. 항공기의 통신시스템은 내/외부 통신의 기능을 담당하기에 비행 임무 및 훈련에 있어 매우 중요하다. 민간방송 수신으로 인해 통신 품질이 저하되면 지상 및 비행 운영에 영향을 미치게 된다. 민간방송 수신 현상에 대해서 원인분석 및 고장탐구를 통해 통신시스템 장비 중 하나인 인터컴에 다양하게 연결된 Ground Block 부분의 본딩 및 저항값의 불안정이 확인되었고, 이에 따라, 민간방송 대역 대의 수신 안테나의 역할을 하고 있음을 확인하였다. 또한, 인터컴 케이블 내부의 손상된 EMI 차폐 부분을 통해 민간방송이 수신됨을 확인하였다. 따라서, 인터컴의 Ground Block 및 케이블의 손상된 EMI 차폐 부분에 대해 조치하였고, 검증 결과도 함께 기술하였다.

**Key Words** : Commercial Broadcasting(민간방송), Electrical Bonding(전기 본딩), EMI(Electro Magnetic Interference), Ground block(접지 블록), Intercom(인터컴), Interference Signal(간섭 신호), Shield(차폐)

## 1. 서 론

군용항공기들은 주로 편대를 이루어 비행 임무와 훈련을 수행하기에 내/외부 통신은 매우 중요하다. 주요 항공기 통신시스템은 Fig. 1과 같이 무전기, 인터컴, 안테나 선택장치, 송/수신 안테나로 구성된다. 항공기 통신시스템은 각 장비의 기능을 통해서 조종사 간의 내부통화와 편대 항공기, 타 기종 항공기 및 지상관제소와 외부 통화가 가능하다. 무전기는 외부와

의 무선 송/수신 기능, 인터컴은 전/후방석 조종사 간 내부통화 및 외부 통신 시의 음성 제어, 안테나 선택장치는 상/하부 통신 안테나를 자동으로 선택하는 기능, 그리고 안테나는 무선 신호를 외부로 송/수신하는 기능을 수행한다[1-3].

항공기 통신시스템은 정상적인 통신 기능뿐 아니라 잡음이나 간섭이 없는 통신 품질 상태도 매우 중요하며, 내/외부 간섭으로 인해 통신 품질이 저하되면 지상 및 비행 운영에 영향을 미치게 된다[4-8]. 본 논문에서는 군용항공기의 통신시스템은 군용 주파수 대역에서만 송/수신이 되어야 하나[1, 9-10], 민간방송 대역의 신호가 간헐적으로 수신되는 비정상적인 현상이 발생하여 현상 검토, 원인분석 및 고장탐구를 통한 조치 방안을 연구하였다.

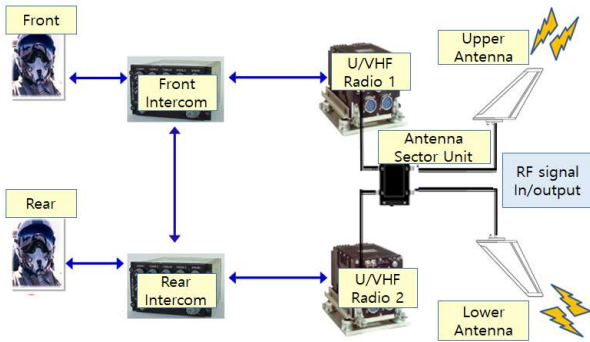


Fig. 1 Communications System of Military Aircraft

## 2. 주요 원인분석

### 2.1 현상 분석

상세현상을 검토한 결과, Fig 2와 같이 군용항공기는 3X MHz 이상의 신호만 송/수신하도록 설계되었으나, 약 6.X MHz ~ 1X MHz 대역의 민간방송이 수신되는 비정상적인 현상이 발생하여 비행 운영에 영향을 주었다. 따라서, Fig. 3과 같이 비정상적인 민간방송 수신 현상에 대한 원인분석을 위해 항공기체계에서 공통으로 영향을 줄 수 있는 요소들을 먼저 분석하고, 현상별 원인분석을 추진하는 방안으로 검토하였다. 공통으로 영향을 줄 수 있는 요소는 항공기 입력전압, 통신시스템 구성품, RF 케이블, 배선경로 및 접지 영향성으로 구분될 수 있으며, 순차적으로 영향성 검토를 수행하였다. 그리고, 지상에서 민간방송 수신 현상을

재현하기 위해 Fig 4와 같이 항공기의 일정 거리에 민간방송을 송신할 수 있도록 이동용 통신 차량을 배치하여 현상 재현을 통해 원인분석 및 고장탐구를 수행하였다.

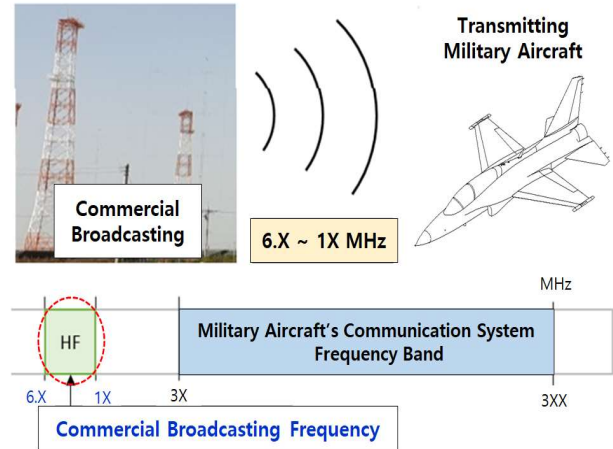


Fig. 2 Abnormal Reception of Commercial Broadcasting

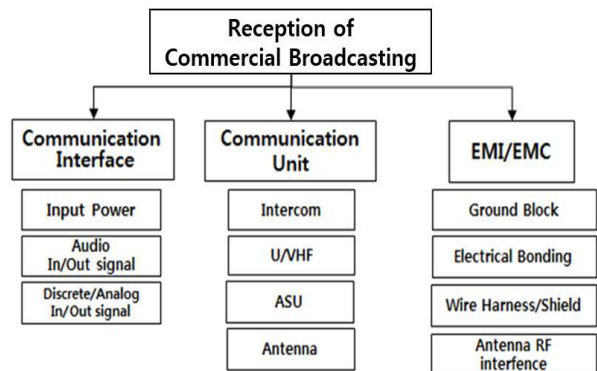


Fig. 3 Main Cause Composition for Commercial Broadcasting Reception

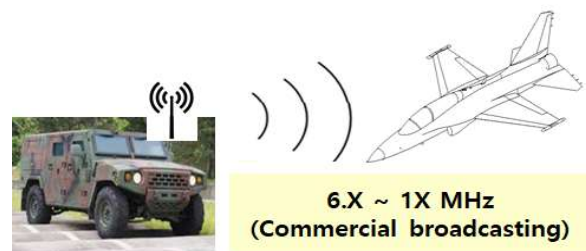


Fig. 4 Reproduction of Commercial Broadcasting Reception on the Ground

### 2.2 입력전압 영향성

군용항공기의 전력계통은 군용 전원 규격(MIL-704)에 규정된 범위 내의 입력전압을 통신시스템에 제공해

야 하며, 통신시스템 장비는 규격서 내의 만족하는 성능으로 동작하여야 한다[11]. 항공기 엔진 시동 시에 발생하는 전압 불안정 및 진동 등으로 인해 비정상적인 입력전압 및 리플(Ripple)이 입력되는 경우, RF 신호의 발전에 영향을 주어 민간방송 대역의 저주파 간섭 신호 등이 유발될 수 있다. 따라서, Fig. 5와 같이 항공기 운영 시에 동일한 전원 조건과 입력전압을 설정하고, 비교를 위해 엔진 전원, 배터리 전원 및 지상 전원 장비에서 통신시스템 장비로 제공되는 입력전압 및 리플 특성을 오실로스코프(Oscilloscope)와 스트립 차트(Strip Chart)로 측정하였다. 측정결과, Fig. 6과 Table 1과 같이 전원 규격 기준(2X V ~ 3X V)을 만족하는 선형적인 특성을 가진 입력전압과 리플이 측정되어 항공기 입력전압에 따른 영향성은 없음이 확인되었다.

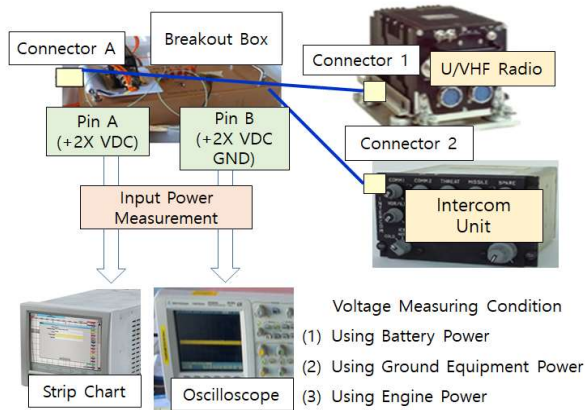


Fig. 5 Measurement the Input Voltage

### 2.3 통신시스템 장비 영향성

항공기 통신시스템은 항공기 내에 다양한 계통(항공 전자, 비행 제어, 전기, 엔진, 연료, 유압, 착륙 등)에 다양한 주의(Caution), 경고(Warning)등의 음성 신호 및 톤(Tone)을 조종사 헤드셋에 전송하는 역할을 하며, 다양한 음성 및 톤은 각각의 신호로 연결되어 있다. 따라서, 특정 계통의 신호를 통해 유입되는 현상임을 확인하기 위해 Fig. 7과 같이 인터컴 BOB(Break Out Box)를 사용하여 인터컴으로 수신되는 신호를 하나씩 분리하여 민간방송 수신 여부를 점검하였다. 점검 결과, Table 2와 같이 인터컴으로 수신되는 모든 신호를 순차적으로 제거하여도 현상이 지속 발생하여, 특정 계통을 통해 수신되는 현상은 아님이 확인되었다. 또한, 민간방송이 수신될 때, 주요 통신시스템 장비를 순차적으로 교체하여 점검한 결과, Table 3과 같이 현상이 지속 발생하여 통신시스템 장비 단품 자체의 영향성은 없음이 확인되었다.

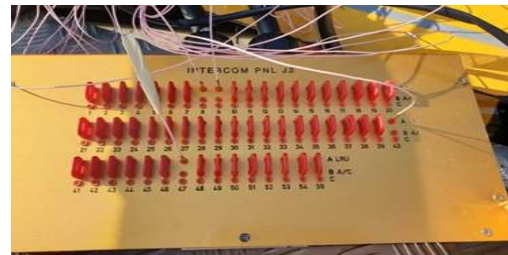


Fig. 7 Intercom BOB

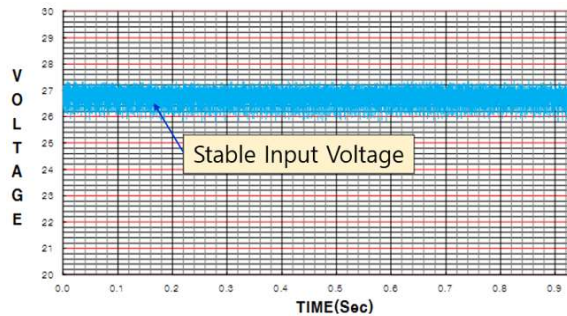


Fig. 6 Measurement Result of Voltage Ripple

Table 1 Measurement Result of Input Power

Battery Power	Ground Equipment Power	Engine Power
2X.X V	2X.X V	2X V

Table 2 Test Result with Respect to the Signal

Category	Receive Signal
Warning signal	Not Effect
Caution signal	Not Effect
Audio signal	Not Effect
Tone signal	Not Effect

Table 3 Result after Change of Communication Units

Changed Communication Unit	Receive Signal
Radio	Not Effect
Intercom	Not Effect
Antenna Select Unit	Not Effect
Up/Lower Antenna	Not Effect

### 2.4 RF 케이블 영향성

RF 케이블이 부적절한 제작 및 장착이 될 경우, 통신시스템 안테나가 송/수신 시에 반사파 및 단선 등의 영향으로 인해 간섭 신호가 유발될 수 있다[12-14]. 통신시스템의 RF 케이블을 항공기에 장착한 상태에서 RF 케이블에서의 진행파 및 반사파를 측정하였다. 측정 결과, Fig. 8과 같이 진행파와 반사파가 모두 동일하게 측정되어 정상으로 확인되었다. 그리고 비정상적인 RF 출력신호로 인해 간섭 신호가 유발될 수 있어 송신출력과 정재파 비(VSWR)를 측정하였다. Table 4와 같이 기준치 내로 적합하게 측정되어 영향성 없음이 확인되었다. 또한, TDR(Time Domain Reflector meter)를 사용하여 RF 케이블의 단선 부분을 확인한 결과, Fig. 9와 같이 케이블의 내부 단선과 손상은 없음이 확인되었다.



Fig. 8 Traveling and Reflected Waves of RF Cable

Table 4 Measurement for Radio Transmission & VSWR

Transmit Power	
Std. Reference Value	Measurement Value
Less than 1X W	9.X W

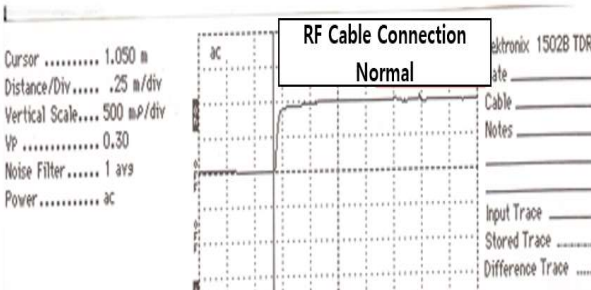


Fig. 9 Disconnection Measurement Result of RF Cable

### 2.5 민간방송 수신경로 확인

군용항공기에는 다양한 통신/항법 시스템이 있고, 송/수신을 위한 안테나가 다양하게 장착되어 있다. 따라서, 특정 안테나를 통해 민간방송이 수신될 수 있어, 정확한 수신경로를 확인하기 위해서 각 계통의 상부 및 하부 통신 안테나를 분리 및 차폐하였다. 점검 결과, 민간방송은 지속해서 수신되었고, 기존 통신시스템 수신경로인 상/하부 안테나 → 안테나 선택 장비 → 무전기 → 인터컴 → 헤드셋으로 유입되는 현상이 아님이 확인되었다. 군용항공기에서의 무선 통신은 무전기, 인터컴을 거치며 변/복조가 이루어짐으로써 통신된다. 하지만 이 현상의 경우, 무전기의 전원을 OFF 시에도 민간방송 신호가 인터컴으로 직접 유입되는 현상으로 검토되었다. 따라서, Fig. 10과 같이 항공기 내/외부에서 인터컴으로 직접 유입되는 경로 및 수신요소에 대한 원인분석이 필요하였다.

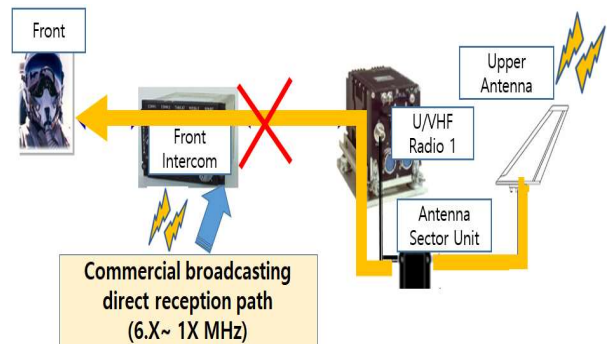


Fig. 10 Direct Reception Path of Commercial Broadcasting Signal

### 2.6 인터컴 배선경로 및 저항 영향성

민간방송 주파수 대역의 RF 신호가 인터컴 배선경로를 통해 직접 유입되고 있음이 검토되었다. 따라서, 인터컴 장비와 항공기체계 간에 연결되는 케이블이 제작 및 장착 시에 우발적인 축력 등으로 인하여 케이블 차폐손상, 유전체 유동 발생, Contact 불량으로 인해 원치 않는 간섭 신호가 유발할 수 있다. 따라서, 케이블 제작 및 작업 상태에 대한 검토를 위해서 민간방송이 수신되는 항공기의 케이블을 탈거하여 확인하였다. 점검 결과, 항공기의 다른 시스템에 적용된 케이블과 같은 적합한 작업방식이 적용되었고[15], 케이블에 라벨 튜브, 수축 튜브, 케이블 해체 등의 구성품을 단계

적 분해 검사 시에도 Fig. 11과 Table 5와 같이 케이블 자체의 내/외부 손상은 확인되지 않았다. 하지만, 항공기 케이블의 EMI 차폐 부분이 제작과 장착 및 운영 간의 영향으로 손상될 경우, Fig. 12와 같이 민간 방송과 같은 비정상적인 RF 신호가 손상된 EMI 차폐 부분으로 유입될 수 있다.

따라서, 인터컴 케이블의 EMI 차폐 부분인 백셸(Backshell) 및 차폐를 분리 후 내부와 작업 상태를 확인한 결과, Fig. 13과 같이 EMI 차폐 부분이 손상되었음이 확인되었다[16-17]. 또한, 인터컴은 Fig. 14와 같이 항공기의 다양한 계통의 음성 및 톤에 대해서 각각의 접지가 연결되어 다양한 Ground Block으로 항공기에 적용되어 있다. 따라서, Ground Block에 대해 도통, 분당 및 접지의 적절성 확인을 위해 분당 미터와 멀티 미터로 측정하였다. Table 6과 같이 측정한 결과, 도통 점검은 정상이었으나 저항과 분당 값이 간헐적으로 비정상적인 값이 측정되어 조치가 필요하였다. 따라서, 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer)와 Near Field Probe를 사용하여 인터컴의 케이블과 Ground Block 부분에 민간방송 대역의 신호가 측정되는지 확인해보았다. 측정결과, Fig. 15와 같이 약 6.X MHz 이상의 민간방송 신호의 주파수 대역과 같은 강한 RF 신호가 측정되어 수신경로임이 최종적으로 확인되어 조치가 필요하였다.

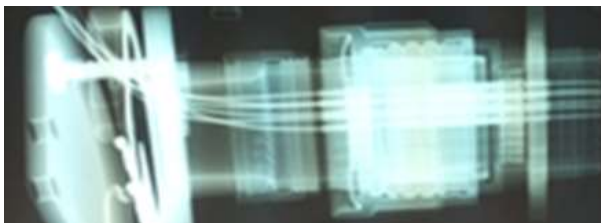


Fig. 11 Results of Disassemble and Examination of Intercom Cable

Table 5 Result of Intercom Cable Condition

Category	Result
Workability	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact, cable : Used Specification</li> <li>- Cable work: Clear</li> <li>- Clamping, tapping: Clear</li> <li>- Connector Mating : Clear</li> </ul>
Damage	- No internal/external damage

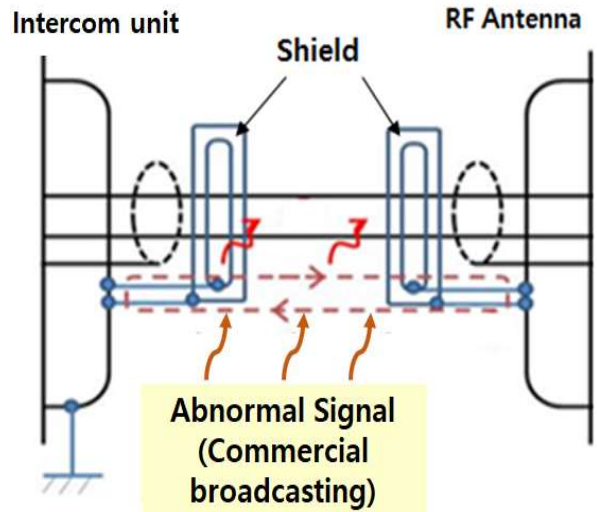


Fig. 12 Abnormal Signal Entering the Shield

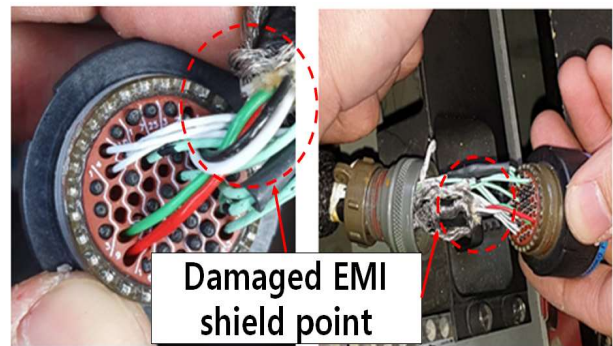


Fig. 13 Damaged EMI Shield & Backshell Point of Intercom Cable

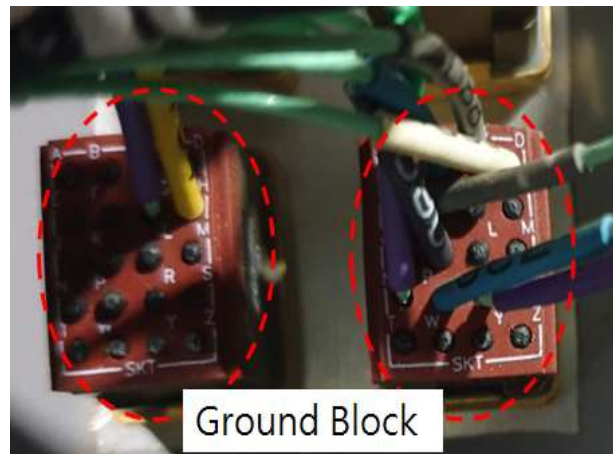
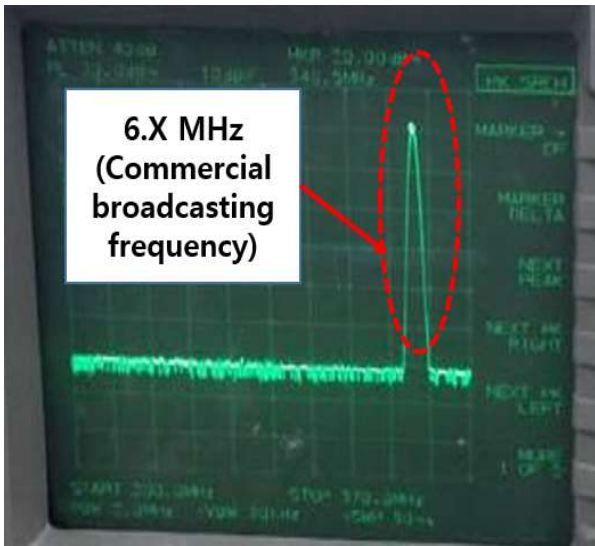


Fig. 14 Intercom Ground Block

**Table 6** Result of Intercom Ground Block Condition

Category	Std. Reference Value	Result
Continuity Check	Continuity	Good (Normal)
Bonding Check	Less 2.X mΩ	Over 2.X mΩ (Abnormal)
Ground Check	Less 1.X Ω	Over 2.X Ω (Abnormal)



**Fig. 15** Measurement Result of Commercial Broadcasting Reception Path

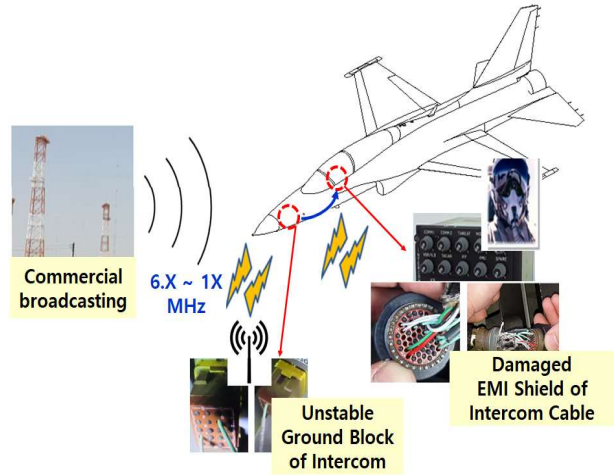
### 3. 조치방안

#### 3.1 Ground Block 조치

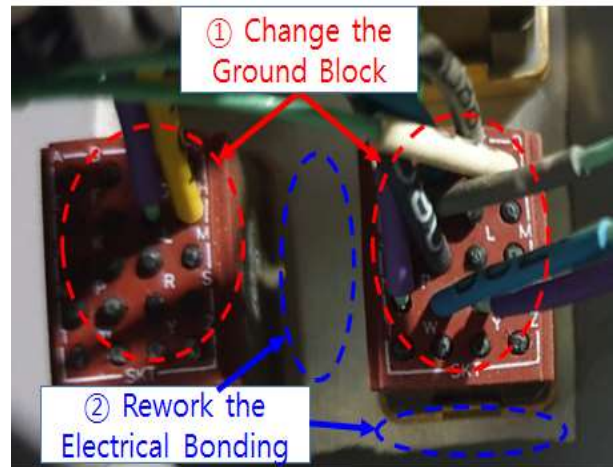
결론적으로 Fig. 16과 같이 민간방송 주파수 대역 대의 강한 RF 신호가 인터컴의 다양한 Ground Block에 전송되고, Ground block은 수신된 신호를 방사하는 안테나와 같은 역할을 하였다. 또한, Ground Block에서 방사 및 전도가 된 민간방송 신호가 인터컴 케이블 내부의 손상된 EMI 차폐 부분으로 유입되는 현상이 확인되었다[4, 18-19]. 따라서, Ground Block에 대한 저항 및 본딩 부분과 인터컴 케이블 내부에 손상된 EMI 차폐 부분에 대한 조치가 필요하였다.

먼저, 본딩과 저항값이 모두 비정상적인 상태이며, 민간방송 수신 후 발산하는 안테나 역할을 하는 Ground Block을 교체하고, 장착 면에 대한 전기 본딩 제작업을

Fig. 17과 같이 조치하였다. 조치 후 Table. 7과 같이 도통과 본딩 및 접지 값이 모두 기준치에 맞게 측정되어서 정상적으로 조치가 되었음이 확인되었다[20-21].



**Fig. 16** Results of Checking the Commercial Broadcasting Reception Path



**Fig. 17** Rework the Electrical Bonding & Change the Ground Block

**Table 7** Result of Intercom Ground Block Condition

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

### 3.2 케이블 EMI 차폐(Shield) 조치

인터컴 케이블 내부에 손상된 EMI 차폐 부분을 분리하여 내부와 작업 상태를 확인 후 Fig. 18과 같이 규격서 기준으로 재 작업하였다[22]. 인터컴 Ground block과 케이블의 EMI 차폐 부분을 조치 후에, 스펙트럼 분석기로 민간방송 신호 유입 여부에 대해 측정된 결과, Fig. 19와 같이 민간방송 주파수 대역 대가 측정되지 않았고, 헤드셋으로 민간방송 신호도 수신되지 않아 조치결과가 효과적임을 확인하였다. 또한, 지상/비행 운영을 통해 내/외부 통신 기능과 오디오, 톤 신호의 기능의 이상 여부 및 추가적인 신호 간섭 여부를 확인한 결과, Table 8과 같이 통신시스템 및 타 계통 기능이 모두 정상적으로 동작함이 확인되었다. 그리고 운영자와의 인터뷰를 통해 민간방송 수신 현상이 발생하지 않고, 통신 기능과 타 계통 시스템의 기능도 정상적으로 동작함이 확인되었다.

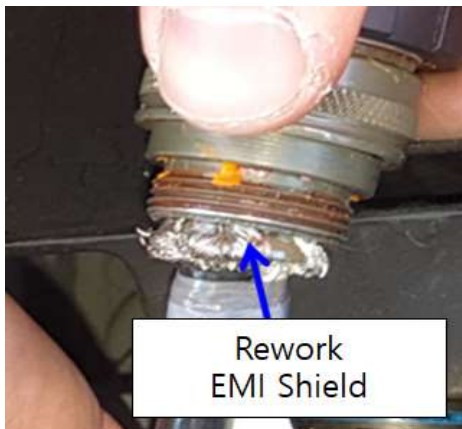


Fig. 18 Rework the EMI Shield



Fig. 19 Measurement Result of Commercial Broadcasting Reception Signal(No Signal)

Table 8 Improvement Result

Category	Test result (After Improvement)
Internal Communication	Normal
External Communication	Normal
Audio signal	Normal
Tone signal	Normal

## 4. 결 론

본 논문에서는 군용항공기에서 사용되는 통신시스템 주파수 대역(3X MHz 이상)이 아닌 민간방송 대역(약 6.X ~ 1X MHz)의 신호가 비행 중 간헐적으로 수신되는 비정상적인 현상에 대해 실제적인 현상 검토, 원인분석, 고장탐구를 통한 조치방안을 연구하였다. 통신시스템 장비 중 하나인 인터컴에 다양하게 연결된 Ground Block의 본딩 및 저항값의 불안정으로 인해 민간방송 대역 대의 수신 안테나의 역할을 하였다. 또한, 수신된 민간방송 신호는 인터컴 케이블 내부에 손상된 EMI 차폐 부분으로 유입되어 항공기 운영에 영향을 주었다. 따라서, 인터컴의 Ground Block 교체와 전기 본딩을 재작업하고, 인터컴 케이블 내부의 손상된 EMI 차폐 부분을 재작업하여 현상을 해소하였다. 주요 유발요인을 분석 후 고장탐구를 통해 원인을 찾아서 조치하여 비행 저해요소, 불필요한 정비 소요를 개선하였다. 향후 유사 현상 발생 시, 원인분석 및 고장탐구 방안을 활용하여 향후 개발되는 항공기 적용 및 사례 전파로 항공기 운용성 향상에 기인할 수 있을 것으로 판단된다.

## References

[1] Jay. J. Ely, "Electromagnetic interference to flight navigation and communication systems: new strategies in the age of wireless," *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, 15-18, August 2005.

[2] 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.
- [3] B. H. Gim, D. H. Son, C. M. Shin, D. H. Lim, S. C. Park, H. Y. Lee, D. W. Kang and T. H. Kim, "Trends in Avionics Operating System Technology," *Electronics and Telecommunications Trends*, ETRI, 2013.
- [4] Andre, P. G and Wyatt, K, "EMI Trouble shooting Cookbook for Product Designers," *The Institution of Engineering and Technology*, 2014.
- [5] Tedrick. R. N and Hixson. R. B, "Aircraft Noise and the Airport Community," *Federal Aviation Administration, Washington, DC*, June 1983.
- [6] R. R. Nunes, "Quality of Interference Path Loss Measurements in Aircraft," *IEEE 3rd Global Electromagnetic Compatibility Conference (GEMCCON)* 8-10 November 2017.
- [7] J. Jung, C. Ippolito, C. Rogers, R. Kerczewski, A. Downey and K. Matheou, "SMALL UNMANNED AIRCRAFT ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE (EMI) INITIAL ASSESSMENT," *Integrated Communications, Navigation, Surveillance Conference (ICNS)* 10-12, April 2018.
- [8] S. Y. Kim, "Aircraft EMC Technology Trends," *The Proceedings of the Korea Electromagnetic Engineering Society* 31(1), January 2020
- [9] T. K. Lee and J. W. Lee, "EMI/C trend of electronic devices on board aircraft," *The Proceeding of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Korea Electromagnetic Engineering Society*, Vol.18, No.1, June 2007.
- [10] S. H. Han, "Comparison of Commercial and Military Electromagnetic Compatibility Test Requirements," *Aerospace Engineering and Technology*, July 2007
- [11] MIL-STD-704F, "Aircraft Electric Power Characteristics," *Department of Defense*, May 2004.
- [12] MIL-PRF-39012E, "Performance specification for radio frequency specification for radio coaxial connectors," *Department of Defense*, July 1995.
- [13] N. S. Chandrasekhar and T. Parthasarathy, "EMI problems during system integration of a modern fighter aircraft-a case study," *Proceedings of the International Conference on Electromagnetic Interference and Compatibility(IEEE)*, 1999
- [14] R. R. Nunes, "Quality of Interference Path Loss Measurements in Aircraft," *IEEE 3rd Global Electromagnetic Compatibility Conference*, November 2017
- [15] MIL-HDBK-83575, General handbook for space vehicle wiring harness design and testing, *Department of Defense*, June 1998.
- [16] MIL-DTL-3655D, "Connector, plug and receptacle, electrical (coaxial, series twin), and associated fittings, general specification," *Department of Defense*, July 2004.
- [17] 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.
- [18] Fan, W. C, "Shielding considerations for satellite microelectronics," *IEEE Transactions on Nuclear Science*. 43(6), 1996.
- [19] MIL-DTL-3655D, "Connector, plug and receptacle, electrical (coaxial, series twin), and associated fittings, general specification," *Department of Defense*, July. 2004.
- [20] MIL-I-3190F, "Insulation sleeving, electrical, flexible, coated, general specification," *Department of Defense*, August 2008.
- [21] MIL-S-83519A, "Military specification: Shield termination, Solder style, Insulated, Heat-shrinkable, Environment resistant general specification for," *Department of Defense*, June 1984.
- [22] MIL-W-5088L, "Military specification: Wiring aerospace vehicle," *Department of Defense*, May 1991.