

항공기용 고주파 칩셋의 차폐율 개선을 위한 개구면 형상 연구

김승한[†] · 박상훈

국방기술품질원

A Study on Slots to Improve the Shield Effects of a High Frequency RF module for Aircraft

Seung-Han Kim[†], Sang Hoon Park

Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ

Abstract

This paper examines the electromagnetic shielding structure of ultra-high frequency (UHF) RF modules used in aircraft. Advances in electrical and electronic technologies have increased the need for electronic equipment in aircraft. High-frequency wireless devices have become integrated circuits in the form of UHF integrated circuits to support a wide range of frequencies and miniaturisation. To ensure the functionality and performance of these integrated devices in aviation, shielding is necessary to prevent unexpected electromagnetic interference, which could be detrimental to aircraft safety. A shield structure was designed to protect the RF chipset from malfunctioning, and the shielding effectiveness was improved through the application of various geometric shapes.

초 록

본 논문은 항공기에 사용되는 고주파 칩셋의 전파 차폐 구조에 대한 연구 결과를 제시한다. 전기전자 기술의 발전에 따라 항공기에 적용되는 전자 장비의 역할은 날로 증가하고 있으며, 고주파 무선장치는 넓은 주파수 대역에 대한 지원 및 소형화를 위한 초고주파 집적회로로 구현되고 있다. 특히, 항공용 집적소자는 이를 구현함에 있어 기능과 성능의 만족도 중요하지만, 예기치 않은 전파 간섭으로 인한 항공기 안전 위협이 보다 중요한 설계 요소로 작용한다. 본 논문에서는 전파에 의한 고주파 칩셋의 오동작 방지를 위한 차폐구조를 설계하고, 개구면 형태의 기하학적 구조를 적용하여 전기장 차폐성능이 향상되는 구조를 제안하였다.

Key Words : Shield Effects(차폐효과), Electromagnetic Interferences(전자기 간섭), Slots(개구면), RF Module(RF 모듈), Aircraft(항공기)

1. 서 론

국내 정보통신기술(ICT, Information and Communication Technology)의 급속한 발전과 파급력은 항공 분야에도 큰 영향을 미치고 있다. 항공기의 기본 기능인 이륙 및 착륙, 항로비행, 충돌방지, 항공통신 등 전

분야에 있어 항공전자장비의 역할은 기계의 그것을 대체할 수 있으며, AESA(Active Electrically Scanned Array) 레이더 등 항공전자 기술은 현대 전투기의 세대를 구분하는 기준이 될 만큼 중요한 요소로 여겨진다. 최신 항공기는 임무 수행을 위해 항행의 핵심 요소 CNS(Communication, Navigation, Surveillance) 기능구현을 위해 GPS(Global Positioning System) 등 위성 통신을 이용하며, 항공무기체계는 탐지 및 추적 센서가 장착되고 유도 무기에 대한 대응책이 적용되기 때문에 고주파 칩셋의 사용이 필수적이다.[1,2] CNS

Received: Aug. 09, 2022 Revised: Oct. 19, 2022 Accepted: Oct. 24, 2022

[†] Corresponding Author

Tel: +82-55-751-5307, E-mail: seunghan@dtq.re.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

및 항공무기체계 구현을 위한 고주파 칩셋은 보다 많고 넓은 주파수 대역을 지원할 수 있어야 하며, 장비의 소형화/경량화를 위한 초고주파 집적회로로 구현되어야 한다. 또한, 초고주파 집적소자가 적용된 항공용 전자장비를 설계할 때, 의도하지 않은 전파 환경에 의한 장비의 오동작을 고려하여야 하며, 항공기 안전 위협은 사전에 제거되어야 한다.[3,4]

항공전자 장비의 오작동을 방지하기 위한 전파 방사(Radiated Emission)에 의한 전파 차폐 구조 및 물질에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.[5,6] 고주파 칩셋의 전파 방사를 차단하기 위해 알루미늄(Al)이나 구리(Cu)와 같은 금속 재질로 전파의 원천(Source)을 효과적으로 감싸기 위한 노력이 지속되어 왔다.[7,8] 이상적인 쉴드캔은 대부분의 전파를 막아낼 수 있으나 제작공정 등의 한계로 인해 완벽한 차폐 구조를 구현하는 것은 불가능에 가까우며, 이에 따라 효과적인 방안에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 UHF(Ultra High Frequency) 대역에서 동작하는 RF 칩셋에 대한 쉴드캔(Shield Can) 형태의 전파 차폐 구조를 설계하고, 전자기 해석을 통해 차폐 구조의 특성을 확인하였다. 또한, 차폐 구조가 적용된 형상, 기존 형상 및 차폐효과 개선 형상을 비교 분석하여 Slot Effect로 설명하였으며, Parallel Plate가 적용된 개선 형상을 제시하였다.

2. 고주파 칩셋의 차폐

2.1 차폐구조

차폐구조 적용을 위해 사용된 RF 칩셋은 인쇄회로기판(PCB, Printed Circuit Board)에 UHF(Ultra High Frequency)에 다중대역을 지원하는 RFIC(Radio Frequency Integrated Circuit), PMIC(Power Management Integrated Circuit), PAM(Power Amplifier Module) 등 능/수동소자들이 집적되어 있는 통신용 송수신 모듈이다. RF 칩셋의 크기는 12.5 mm × 14.5 mm × 1.6 mm 이며, RF 칩셋에서 발생하는 전파를 차폐하기 위해 Fig. 1과 같이 RF 칩셋을 금(Au)으로 도금하여 감싸는 Shield Can 형상을 적용하였다. 하지만, 제조공정의 한계로 인해 Shield Can이 칩셋 전체를 감싸지 못하여 PCB와의 200 μm의 Gap이

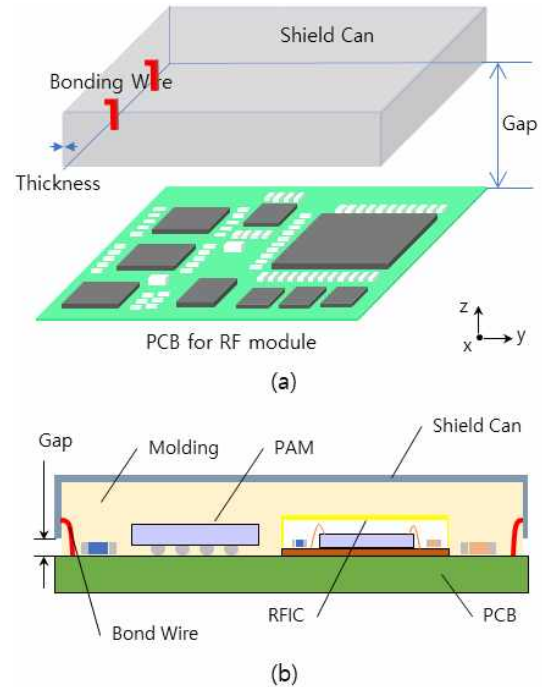


Fig. 1 RF chipset with a shield structure. (a) 3D view, (b) side view

존재하게 되며 이로 인해 Shield Can의 차폐효과는 감소할 수 밖에 없게 된다. RF 칩셋의 PCB 접지면(Ground)과 Shield Can 각 면은 2개의 Bonding Wire를 사용하여 접지시켰고, 내부는 FR4 소재로 Molding하였다.

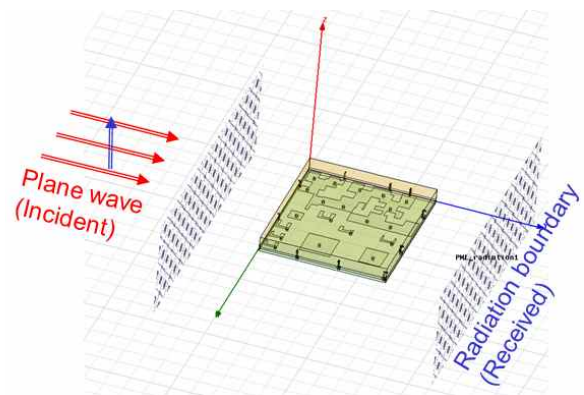


Fig. 2 Electromagnetic simulation condition to calculate the shield effects

2.2 모델링 및 해석

차폐효과 해석을 위한 전자기 해석은 FEM(Finite Elements Method) 방식의 상용 전자기 해석툴을 사

용하여 수행하였으며, 해석의 효율성 향상을 위해 PCB Layer, Via, Pad 등 형체에 대해 간소화 및 적 극적인 경계조건을 활용하였다. 전파 차폐효과는 수식 (1)의 차폐율(SE, Shield Effect)로 정의되어 그 효과 를 가늠할 수 있으며, 여기서 E_{inc} 및 E_{trans} 는 각각 입

$$SE(dB) = 20 \log \frac{E_{trans}}{E_{inc}} \quad (1)$$

사파 와 투과파의 전계강도를 의미, Fig. 2와 같이 RF 칩셋의 좌측방향(-y)에서 입사되는 수직편파(vertical polarization)의 전파와 우측방향(+y)에서 수신되는 신호의 전계강도 비율로 차폐효과를 확인하였다. 차폐효 과의 비교를 위해 제안된 Shield Can 구조 이외에 Shield Can이 적용되지 않은 구조, 이상적 Full Shield에 대한 차폐구조를 각각 해석하였다.

2.3 차폐효과 해석결과

해석 주파수는 RF 칩셋의 동작 주파수 〇〇〇 MHz 이며 Table 1에 해석 구조와 각각의 해석결과를 도식

Table 1 Shield effect comparison

	w/o shield	Shield w. gap	Ideal Full Shield
Structure			
E-field (top view)			
E-field (side view)			
SE(max.)	-10.85 dB	-52.27 dB	-90.26 dB
SE_diff.	-	41.42 dB	79.41 dB

화 하였다. 예상된 바와 같이 이상적인 full shield can이 적용되었을 경우에는 -90 dB 이상으로 전자기 파를 차단하는 것을 확인할 수 있다. 제안된 Shield

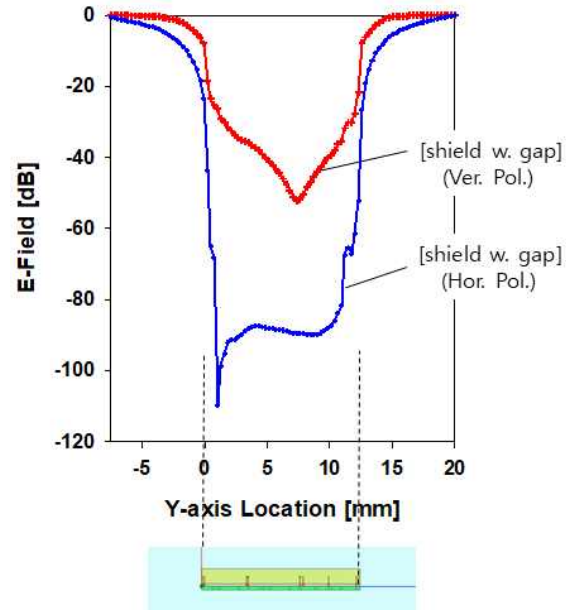


Fig. 3 E-field comparison according to the location of the RF chipset with respect to polarization

구조는 Shield can이 적용되지 않는 칩셋과 비교하여 40 dB 이상의 차폐효과가 있음을 확인할 수 있는 반면 Full shield can이 적용된 칩셋과 비교하면 40 dB 정도 수의 차이가 있음을 확인할 수 있다. 즉, 제작의 한계로 인한 200 μm의 gap이 전자기 차폐에 큰 영향을 주고 있는 것으로 판단할 수 있다.

2.4 슬롯효과(Slot Effects)

Figure 3은 칩셋의 위치에 따른 전계강도를 나타내 는 그래프이며, 편파에 대한 영향성을 확인할 수 있다. 그림에서와 같이 수평편파가 수직편파의 입사파에 비해 차폐율이 월등하게 높은 것을 확인할 수 있고, 이는 입사파가 Gap으로 입사될 때 인가되는 E-field의 분포를 고려할 경우 그 원인을 유추할 수 있다.

Plane wave가 Gap으로 입사될 때 Bond Wire 및 Gap은 Slot으로 간주할 수 있고, Slot에 분포되는 E-field는 입사파의 편파에 따라 Fig. 4(a)와 같이 도 시할 수 있다. E-field가 수직으로 인가된 경우, 이에 의해 길게 유도된 자류(Magnetic Current)가 안테나 전류원 역할을 하게되어 차폐구조 내부로 입사파가 투 과되게 된다. 반면 E-field가 수평으로 인가된 경우, 이에 의해 짧게 유도된 자류는 안테나 전류원으로서의

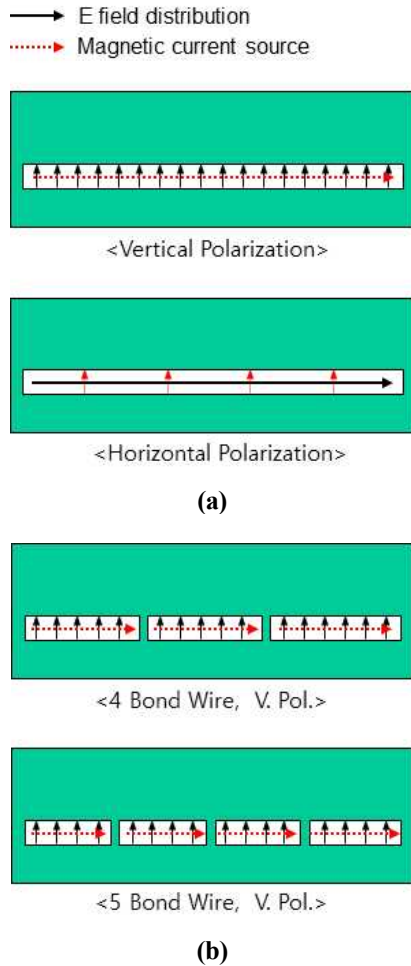


Fig. 4 Slot effects

역할이 미미하여 차폐구조 내부로의 투과파는 제한되게 된다.

실제 RF 칩셋에서와 같이 Bond Wire가 한면에 여러개 위치한 경우 짧은 Slot 여러개가 배열된 것으로 간주할 수 있으며, 이 때 E-field 분포와 이로 인해 유도되는 자류는 Fig. 4(b)에 도시한 바와 같다. 그림과 같이 Bond Wire가 많이 배치될 경우 Slot의 길이가 짧아지는 효과로 인해 차폐구조 내부로 방사되는 저주파 전파는 적어지게 된다. 실제로 Bond Wire의 개수가 증가하면 차폐율이 증가하는 효과는 [8]를 통해서 입증된 바 있다.

3. 차폐효과 개선구조

슬롯효과는 전자기구조의 필터 효과로도 설명될 수

있다. 본 절에서는 Filter 특성을 갖는 전자기 구조, 즉 Slot 및 Parallel Plate 해석을 통해 해당 구조의 차폐 효과성을 확인하고, Parallel Plate를 RF 칩셋에 적용할 경우 차폐효과 개선 가능성을 확인하였다.

Figure 5(a)는 Slot이 있는 금속면에 Plane wave를 입사하여 전파의 투과성질을 확인하기 위한 해석모델로서 Slot의 높이 즉, Gap의 크기를 변화하면서 전파의 투과 특성을 확인하였다. Fig. 5(b)는 해당 200 μm 두께의 Slot에 Parallel Plate를 접합한 형태에서 전파의 투과성질을 확인하기 위한 해석모델로서 Parallel Plate의 길이를 변화시키면서 전파의 투과 특성을 확인하였다.

해석결과 Slot의 높이가 낮을수록 전파의 투과를 막아낼 수 있다는 것을 Fig. 6(a)을 통해 확인할 수 있다. Gap의 높이가 50 μm 일 경우와 300 μm 일 경우 최대 5.9 dB의 전계강도 차이를 보이는 것을 확인할

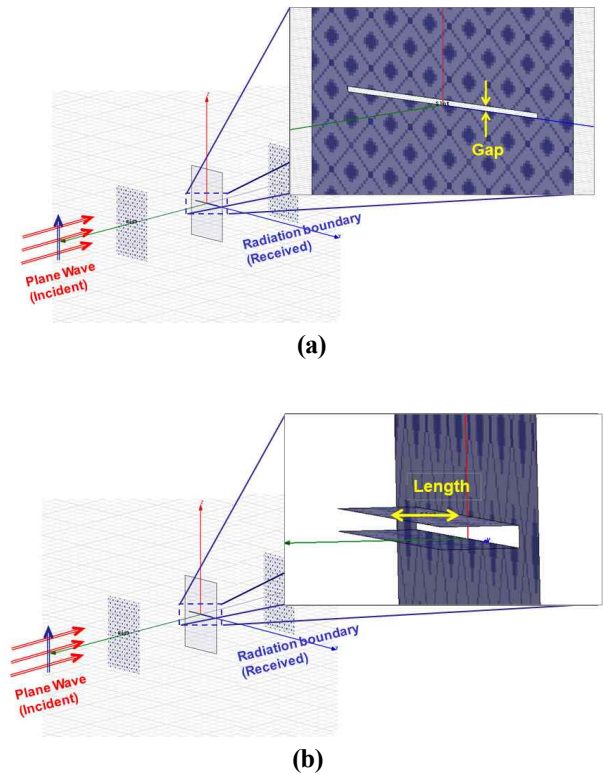


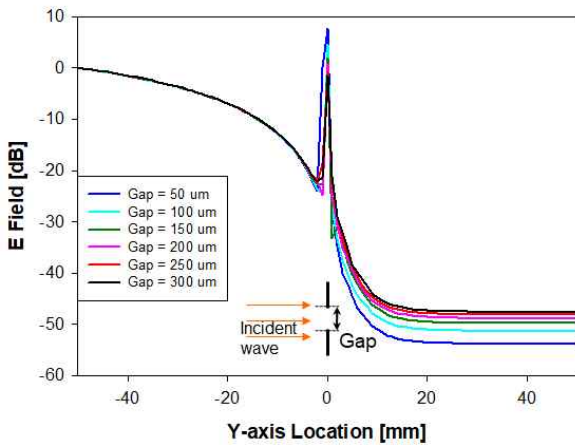
Fig. 5 Model to verify the SE of (a) Slot Sheet and (b) Slot Sheet with Parallel Plate

수 있다. 또한, Fig. 6(b)에서는 Parallel Plate를 적용하였을 경우 해당 구조의 주파수차단 특성으로 인해 그 길이가 증가할수록 전파의 투과효과가 크게 감소하

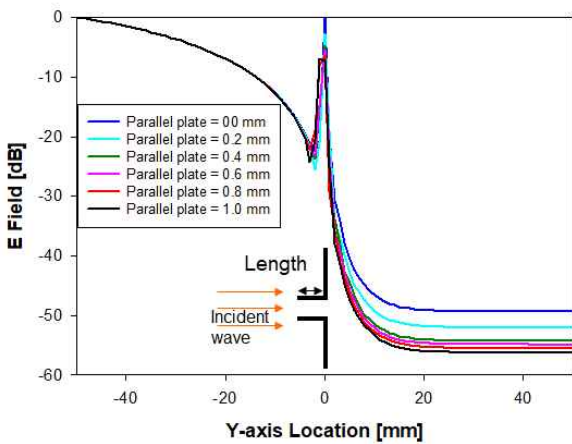
는 것을 확인할 수 있다. 해석결과 Parallel Plate의 길이를 1.0 mm 까지 증가시킬 경우 8 dB 이상의 차폐효과를 기대할 수 있다.

4. 차폐효과 개선구조 적용

앞 절의 연구를 통해 슬롯효과에 따른 Bond Wire 배치와 Parallel Plate 적용이 RF 칩셋의 차폐율 향상에 기여할 수 있을 것이라는 가능성을 확인하였다. 최적의 차폐율 개선효과를 위해서는 슬롯효과 최대화를 위해 Bond Wire의 개수와 간격을 최적화 해야하며



(a)



(b)

Fig. 6 Simulated SE results of (a) Slot Sheet and (b) Slot Sheet with Parallel Plate

[8], 칩셋의 크기를 고려한 최적의 Parallel Plate의 길이를 적용해야 한다. 본 해석에서는 Parallel Plate

의 길이를 0.6 mm 로 적용하였다. Slot Gap의 높이는 제작의 한계로 인해 최적화 할 수 없어 200 um를 그대로 적용하였다. Fig. 7에 언급된 두가지의 개선안을 RF 칩셋에 적용하여 모델링한 결과를 도시하였다.

Figure 8은 RF 칩셋에 대한 전자기 해석결과를 보여준다. 최적화된 Bond Wire 위치 및 개수의 적용 뿐 아니라 Parallel Plate의 적용을 통해 기존 RF 칩셋 (Shield w. gap) 대비 위치에 따라 최대 10.3 dB의 차폐율 개선 효과가 나타난 것을 확인할 수 있다. 제

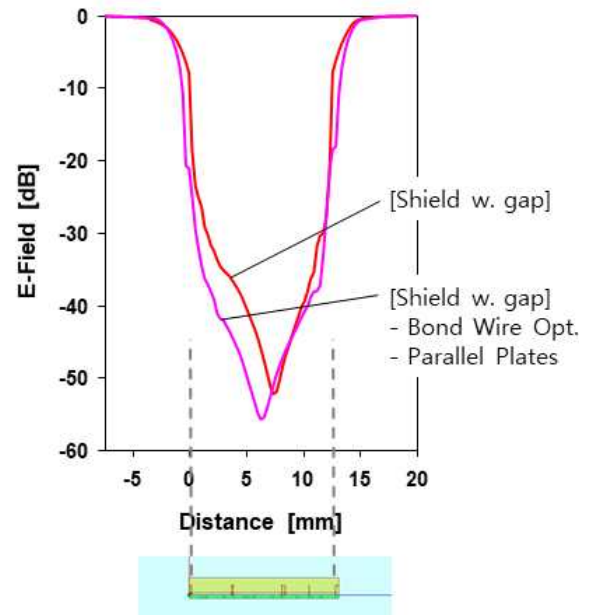


Fig. 8 E-field comparison btw. the reference and the improved shield structure

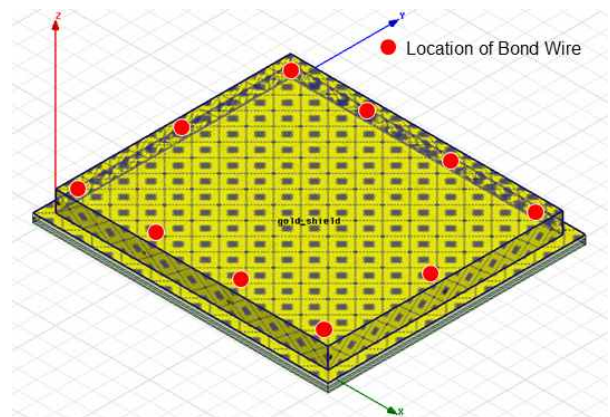


Fig. 7 Model of the optimized RF chipset applied with parallel plates

작상의 한계가 없다면 Bond Wire 개수의 증가, Gap 높이의 축소 및 Parallel Plate의 길이 증가를 통해 보

다 나은 결과를 도출할 수 있을 것이다.

5. 결 론

항공용 고주파 RF 칩셋의 차폐율 향상을 위한 구조로서 Shield can과 Bond Wire가 적용된 구조를 설계 및 해석하여 그 특성을 슬롯효과로 분석하였다. 이를 통해 Bond Wire의 최적화 배치 및 Slot의 Gap 크기 등이 차폐율의 중요한 요인이 되는 것을 확인하였다. 아울러, 필터 특성을 갖는 Parallel Plate를 차폐율 향상을 위한 구조로 RF 칩셋에 적용하여 10 dB 이상의 차폐효과 개선을 이루었다. 본 연구를 통해 필터 특성을 갖는 전자기 구조의 차폐구조 적용을 통해 항공용 RF 칩셋의 차폐특성을 향상시킬 수 있음을 확인하였고, 본 연구의 결과를 다양한 칩셋의 차폐구조에 응용하여 항공기 안전성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] T. K. Lee, J. W. Lee "EMI/C trend of electronic devices on board aircraft", *The Proceeding of the Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol.18, no.1, pp. 51-64, 2007.
- [2] S. Y. Kim, "Aircraft EMC technology trend", *The Proceeding of the Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol.31, no.1, pp. 60-71, 2020.
- [3] Y. M. Kang, "Electromagnetic shielding principle and related technology trends", *The Korean Institute of Electrical Engineers*, vol.68, no.1, pp. 31-37, 2019.
- [4] Seok Bae, Don-Chul Choi, Soon-Young Hyun, Sang Won Lee, "Electromagnetic shielding principle and related technology trends", *Journal of the Korean Magnetics Society*, vol.23, no.2, pp. 68-76, 2013.
- [5] Suk Ho Seo, Ki Beom Ku, Ji Hoon Kim, Dae San Oh, "Improvement of Broadband Radiated Emission Noise in Military Tactical Vehicle by Using Additional Alternator in Engine", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, vol.21, no.9, pp.397-404, 2020.
- [6] J. J. Moon, O. K. Park, and J. H. Lee, "Development of Hybrid Metals Copated Carbon Fibers for High-Efficient Electromagnetic Interference Shielding", *Composites Research*, vol.33, no.4, pp. 191-197, 2020.
- [7] T. W. Kim, J. H. Lee, "Electromagnetic Shielding Effectiveness of CFRP Panels, MLI, and RF Screens for Spacecraft Applications", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol.31, No.11, p. 947-955, 2020.
- [8] S. H. Park, S. H. Kim, "A Study on the Electromagnetic Shield Structure of High Frquency RF Module for Aircraft", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol.22, no.7, pp. 572-578, 2021.