

## 차량 부품의 장착 위치를 고려한 부품 내성 시험 방법

# Measurement Method Based on Vehicle Component Installation Position for Radiated Immunity Test of Vehicle Components

김 동 균<sup>\*,\*\*</sup> · 박 용 배<sup>\*\*</sup>

Dong-Kyun Kim<sup>\*,\*\*</sup> · Yong Bae Park<sup>\*\*</sup>

### 요 약

차량용 부품의 방사 내성 평가 규격 ISO 11452-2 (2004)와 실차의 방사 내성 평가 규격 ISO 11451-2 (2015)에서는 시험 설치 조건과 기준이 달라서 같은 부품이어도 서로 다른 결과가 발생할 수 있다. 따라서, 실차의 방사 내성 평가는 만족을 하더라도 부품의 방사 내성 평가는 불만족이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 자동차의 모의 바디를 금속판이라 가정하여 금속판의 크기 및 위치에 대한 부품 내성 시험과 실차 내성 시험의 상관관계를 파악하고, 실차 내성 시험 환경과 유사한 부품 내성 시험 조건을 제안한다.

### Abstract

Test set-up conditions and reference levels are different in the component radiation immunity standard ISO 11452-2 (2004) and vehicle radiation immunity standard ISO 11451-2 (2015); hence, different results may be obtained for the same components. Therefore, even if the evaluation of the radiation immunity of the vehicle is satisfactory, the evaluation of the radiation immunity of the vehicle component may be unsatisfactory. In this study, it is assumed that the chassis of the automobile is a metal plate, and the correlation between the component immunity test and vehicle immunity test for the size and location of the metal plate is investigated.

Key words: EMC, Vehicle Component, Radiated Immunity, ISO 11451-2(2015), ISO 11452-2(2004)

## I. 서 론

오늘날 현대사회의 자동차부품은 다양한 종류가 생겨났고, 자율주행 자동차, 전기자동차 등에 적용되어 빠른 속도로 발전하고 있다. 그에 따라 부품의 비중이 더 증가하고 있다. 그림 1과 같이 많은 부품이 자동차에 적용되고, 부품의 발전에 따라 보다 엄격한 인증시험을 필요로 하며, 인증시험 중 하나인 전자파 적합성(EMC: Electro-

magnetic Compatibility) 인증을 만족해야 한다. 전자파 적합성(EMC: Electromagnetic Compatibility)은 두 가지 분류인데, 전자파 방해(EMI: Electromagnetic Interference)와 전자파 내성(EMS: Electromagnetic susceptibility)로 나뉜다.

자동차와 부품에 대한 EMC 시험 기술은 현재까지 꾸준히 개정되어 분석되어 왔다<sup>[1][2]</sup>. 하지만 자동차 시험과 부품 시험은 주파수, 레벨, 시험 설치 방법 등 여러 가지 많은 차이가 있어 시험 규격에 대한 제·개정 연구도 같

「이 연구는 한국자동차연구원 전자기파연구센터에서 연구되었음.」

\*한국자동차연구원(KATECH)

\*\*아주대학교 IT융합대학원(Graduate School of IT Convergence, Ajou University)

· Manuscript received November 28, 2019 ; Revised December 31, 2019 ; Accepted February 25, 2020. (ID No. 20191128-128)

· Corresponding Author: Yong Bae Park (e-mail: yong@ajou.ac.kr)

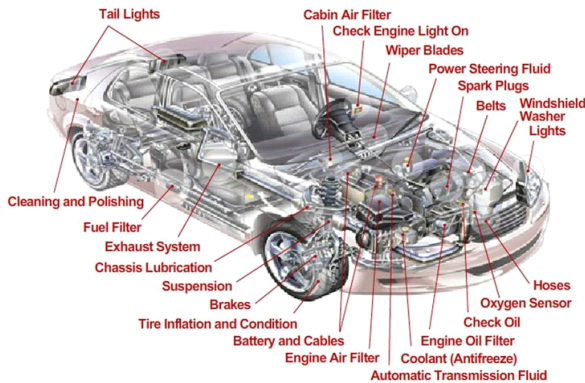


그림 1. 자동차 부품 구성도  
Fig. 1. Vehicle component schematic.

이 이뤄지고 있다<sup>[3],[4]</sup>. 기존 연구에서 방사 내성 시험(radiated immunity: RI)은 부품 시험과 실차 시험으로 나누어지며, 부품 시험은 전원과 통신을 연결하여 동작시켜서 시험하며, 실차 시험은 부품을 자동차에 장착하여 동작시켜 시험한다. 부품의 장착위치를 고려하지 않고 시험을 진행하면 부품 시험에서는 규격 만족하여 통과가 되었지만, 실차 시험에서는 통과하지 못하는 문제가 발생한다. 부품이 장착되는 위치 주변으로 자동차 바디가 이루어져 있는 경우 바디와 부품의 거리 및 위치에 따라 방사되는 전계 증폭 수준이 달라진다. 기존에는 자동차 부품의 장착위치를 고려하지 않고 시험이 진행되어 왔으며, 본 연구에서는 부품의 장착위치별로 모의 바디를 구성하여 장착되는 위치 및 거리에 따라 취약한 주파수와 증폭 수준을 분석하였다.

## II. 측정(Measurement) 기반 시험 방법

부품 시험 규격의 종류 중 방사 내성 시험에 기준이 되는 국제 표준 규격으로는 ISO 11452-2(2004)이고, 실차 방사 내성 시험으로는 ISO 11451-2(2015), ECE R 10 Revision 5, KN41(2016-12)이다<sup>[5]~[8]</sup>. 부품 시험 규격과 실차 시험 규격은 시험 레벨 및 조건이 달라서 서로 다른 결과가 나온다. 부품 방사 내성 시험에서는 부품을 Ground Table에 올려놓고 부품의 전원선 및 신호선의 길이를 1.5 m로 맞추고, 전원선의 중간 지점과 부품의 전면에서 1 m

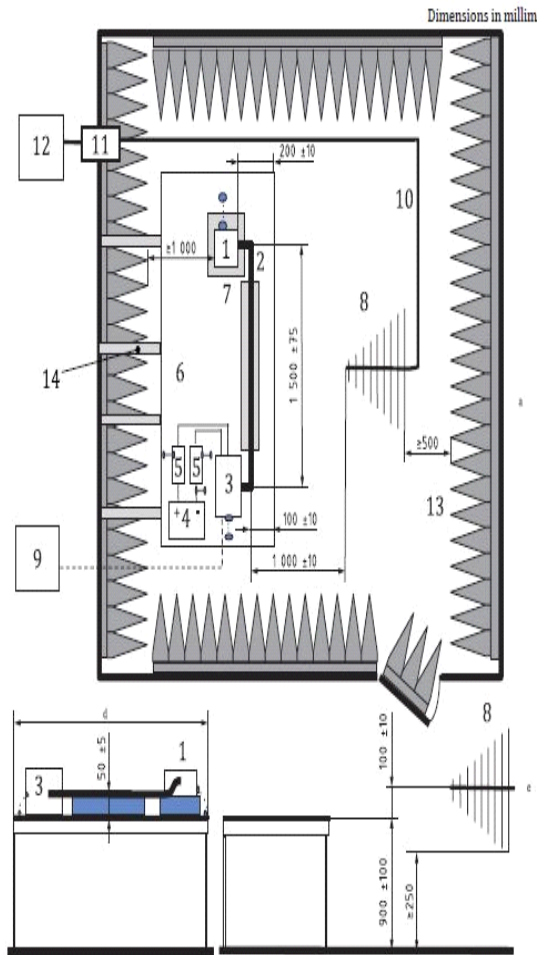


그림 2. 부품 시험 안테나 설치  
Fig. 2. Component test antenna setup view.

거리에서 안테나를 위치시켜 방사하여 시험을 하며, 시험 주파수는 80 MHz~3 GHz이다. 그림 2에 부품 시험에 대한 구성 사진이 나와 있다.

그림 2에 사용되는 장비는 표 1에 나타내었다. 실차 방사 내성 시험은 그림 3과 같이 차의 전면부에서 2 m 이상 거리에서 안테나를 위치시켜 방사하여 시험을 하고, 시험 주파수는 20 MHz~2 GHz이다.

그림 3에 사용되는 장비는 표 2에 나타내었다.

시험은 ISO 11452-2(2015)에서 사용하는 Ground Table, Chamber, Field Probe를 사용하여 진행하였으며, 측정 주파수는 실차 내성 평가 규격 ISO 11451-2(2004)에서 요구하

표 1. 부품 시험 장비 구성

Table 1. Component test equipment list.

No	Equipment	No	Equipment
1	DUT	8	Test antenna
2	Test harness	9	Stimulation and monitoring system
3	Load simulator	10	High quality double-shielded coaxial cable(50 Ω)
4	Power supply	11	Bulkhead connector
5	Artificial network(AN)	12	RF signal generator and amplifier
6	Ground plane	13	RF absorber material
7	Low relative permittivity support( $\epsilon_r \leq 1, 4$ )	14	Ground straps

표 2. 실차 시험 장비 구성

Table 2. Vehicle test equipment list.

No	Equipment	No	Equipment
1	Absorber-lined shielded enclosure	5	Power meter
2	RF signal generator	6	Coaxial feed through
3	Power amplifier	7	Field generating device
4	Dual directional coupler	8	Vehicle reference point

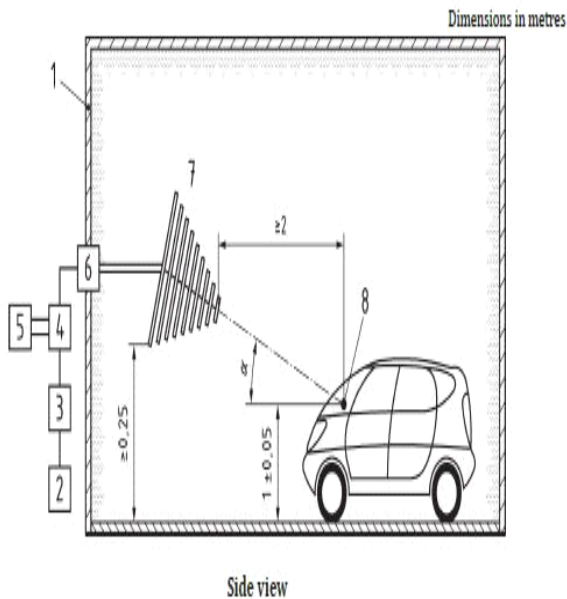


그림 3. 실차 시험 안테나 설치

Fig. 3. Vehicle test antenna setup view.

는 20 MHz~2 GHz로 시험하였다<sup>[5],[6]</sup>.

그림 4~6은 주파수별로 사용된 안테나이다. 차량 바디는 금속판으로 대체하였다. 금속판이 없는 경우 Field Probe를 사용하여 전계 레벨을 측정하였다. Field Probe의 제조 업체는 Amplifier Research이며, 모델은 FL7006이다.

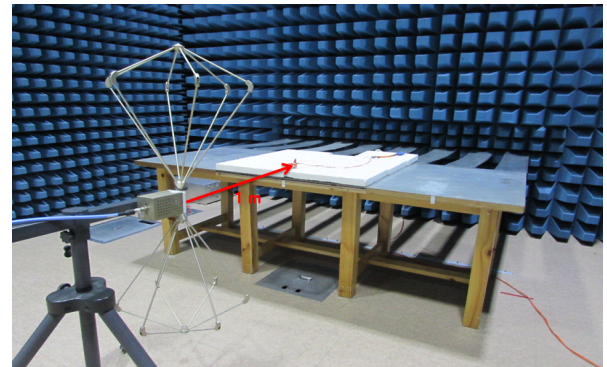


그림 4. 바이커니컬 안테나(20~100 MHz)

Fig. 4. Biconical antenna(20~100 MHz).

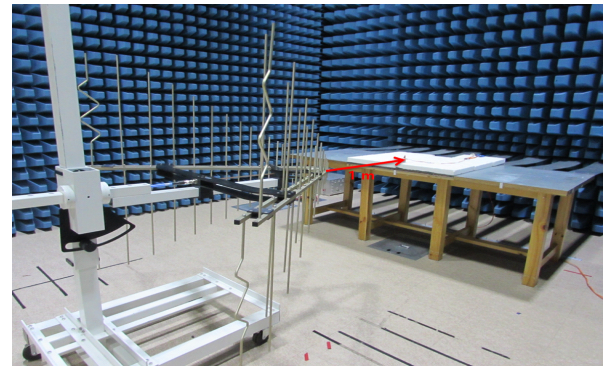


그림 5. 브이 대수 주기 안테나(100 MHz~1 GHz)

Fig. 5. V-LOG antenna(100 MHz~1 GHz).

시험은 그림 7과 같이 Field Probe를 Insulation block(높이 50 mm) 위에 배치하여 주파수별로 안테나를 사용하여 전계를 인가하여 전계 레벨을 확인하였다. 진행시 전계 레벨은 10 V/m로 진행하였으며, 결과는 그림 8이다.

그림 4~5의 시험 안테나와 그림 7의 Field Probe를 1



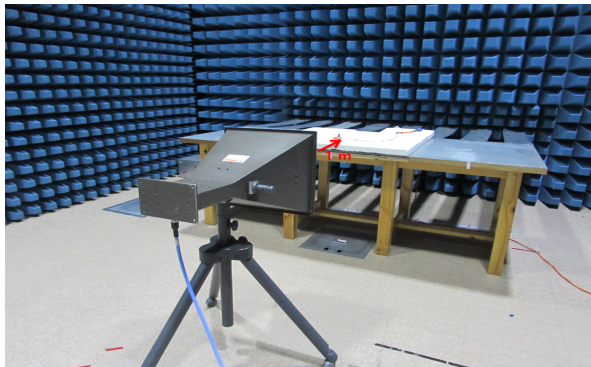


그림 6. 혼 안테나(1~2 GHz)  
Fig. 6. Horn antenna(1~2 GHz).

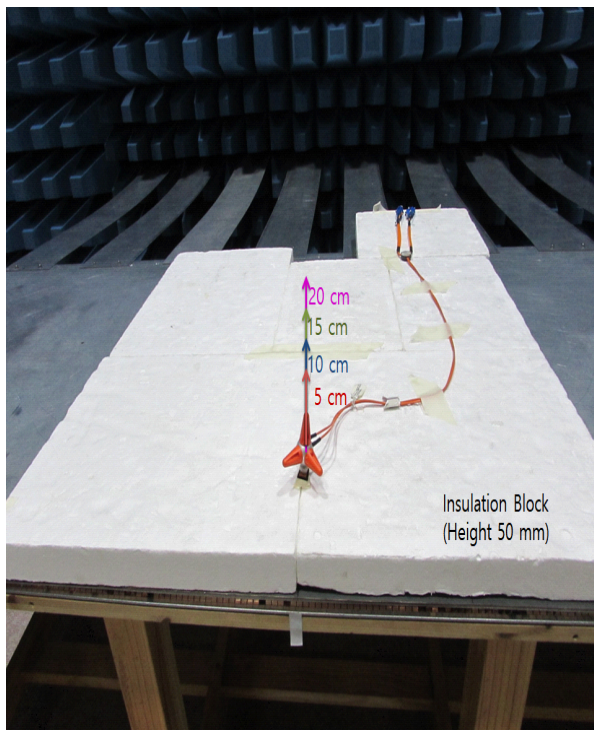


그림 7. 전계 측정기 설치  
Fig. 7. Field probe setup view.

m 거리로 배치하였고, Field Probe를 그림 7에 표시한 것과 같이 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm 거리별로 측정하였다. 결과는 그림 8에 나타내었다. Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 11 V/m, 거리가 10 cm일 때 전계 레벨이 10.8 V/m, 거리가 15 cm일 때 전계 레벨이 10.6 V/m, 거리

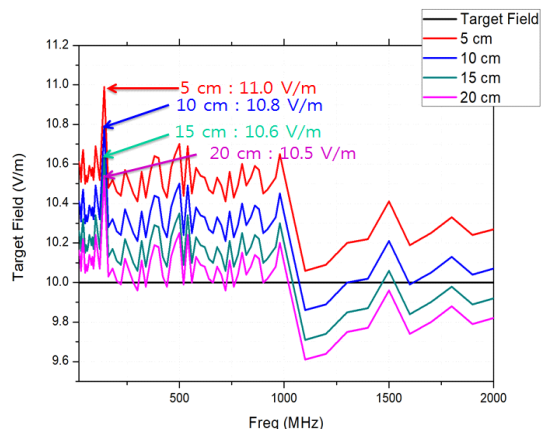


그림 8. 금속판 없는 경우 측정 결과  
Fig. 8. Measurement results when is no metal plate.

가 20 cm일 때 전계 레벨이 10.5 V/m로 측정되었으며, Field Probe가 안테나와 가까이 있을수록 전계 레벨이 증가한다는 것을 확인할 수 있었다.

금속판 1면은 그림 9와 같이 배치하였으며, 시험 결과는 그림 10이다.

그림 10 결과에서 주파수 500 MHz에서 Field Probe 거리가 10 cm, 15 cm, 20 cm일 때 전계 레벨이 23 V/m 이상이 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.3배 정도 증가되었으며, 주파수 1.5 GHz에서 Field Probe 거리가 15 cm일 때 전계 레벨이 18 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨

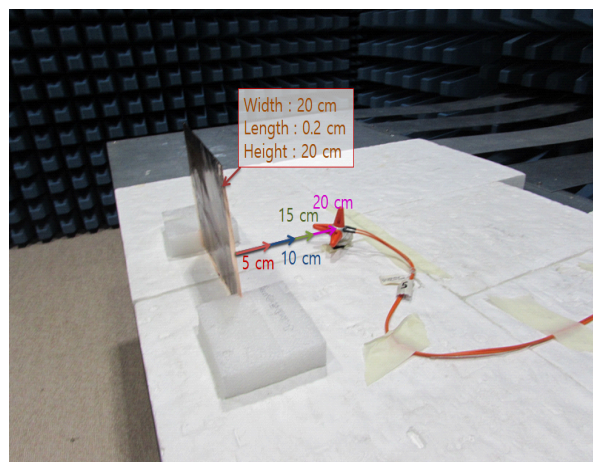


그림 9. 금속판 1면 설치  
Fig. 9. Metal plate 1 face setup view.



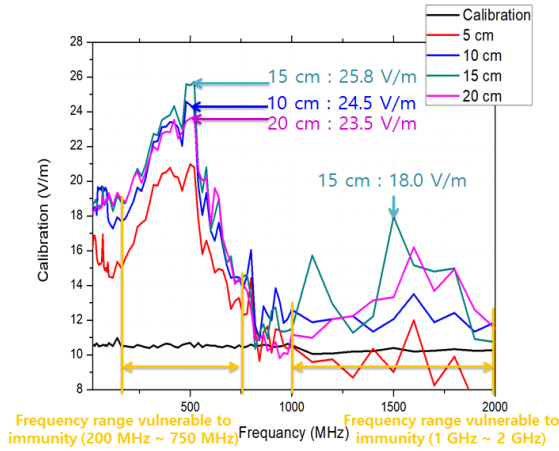


그림 10. 금속판 1면 측정 결과  
Fig. 10. Metal plate 1 face result.

10 V/m 기준으로 1.8배 정도 증가되었다. Field Probe와 금속판과 거리가 멀어질수록 전계레벨이 높게 증가되며, Field Probe 거리가 15 cm일 경우 가장 높게 증가되는 것을 확인하였다. 금속판 2면은 그림 11과 같이 배치하였으며, 결과는 그림 11이다.

그림 12에서 주파수 300 MHz에서 Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 16 V/m가 측정되었으며, 교정 전

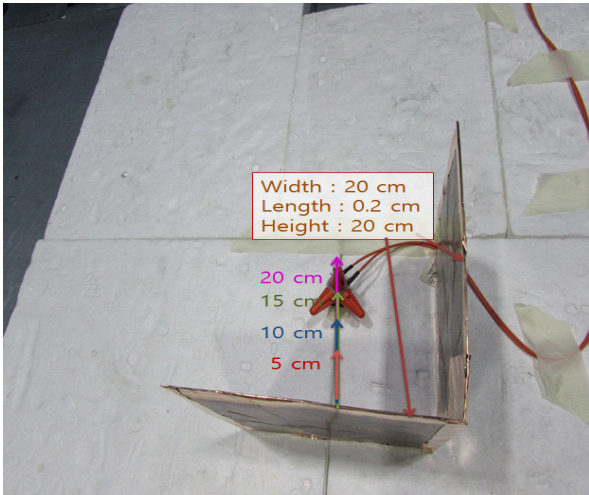


그림 11. 금속판 2면 설치  
Fig. 11. Metal plate 2 face setup view.

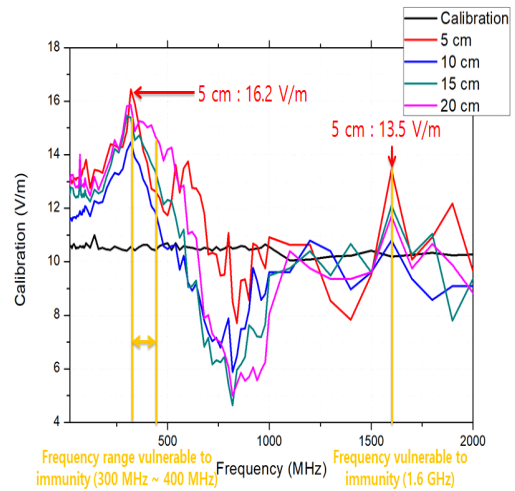


그림 12. 금속판 2면 결과  
Fig. 12. Metal plate 2 face result.

계 레벨 10 V/m 기준으로 1.6배로 증가되었으며 주파수 1.6 GHz에서 Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 13.5 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 1.35배 정도 증가되었다. Field Probe와 금속판과 거리가 가까울수록 전계 레벨이 높게 증가되는 것을 확인하였다. 금속판 3면은 Field Probe 앞쪽에 금속판이 있을 때, 뒤쪽에 있을 때 두 가지 경우를 들어 전면, 후면 2가지 배치하여 시험을 진행하였다. 전면에 대한 배치는 그림 13이며, 결과는 그림 14이다.

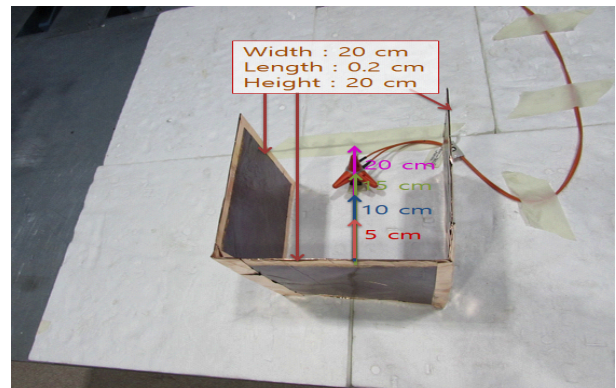


그림 13. 금속판 3면(전면) 설치  
Fig. 13. Metal plate 3 face(front) setup view.

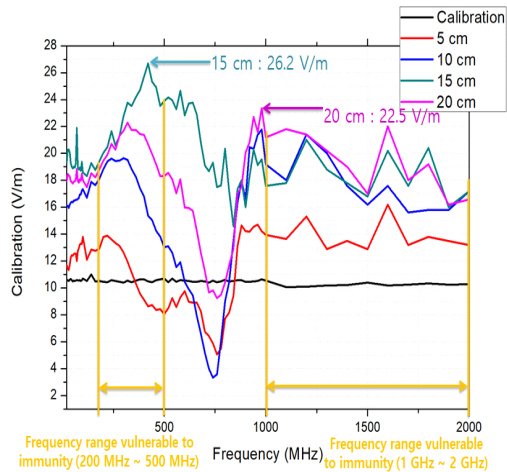


그림 14. 금속판 3면(전면) 결과  
Fig. 14. Metal plate 3 face(front) result.

그림 14 그래프에서는 주파수 300~500 MHz에서 Field Probe 거리가 15 cm일 때 전계 레벨이 26 V/m가 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.6배로 증가되었다. 주파수 1 GHz에서 Field Probe 거리가 20 cm일 경우에는 전계 레벨이 22 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.2 배 증가되었다. 주파수 1 GHz를 기준으로 1 GHz 미만이면 Field Probe 거리가 15 cm일 때 전계 레벨이 가장 높게 증가되는 것을 확인하였고, 1 GHz 이상이면 Field Probe 거리가 20 cm일 때 가장 높게 증가되는 것을

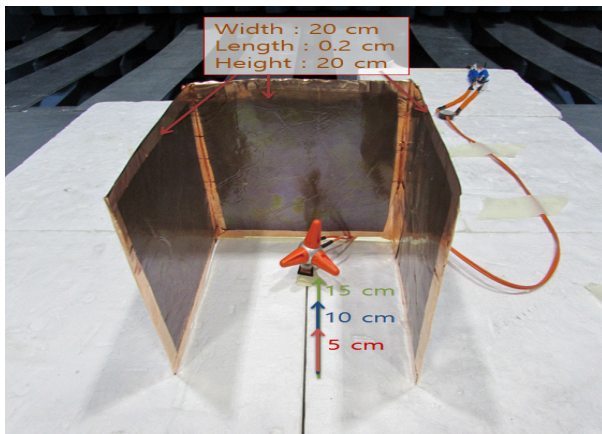


그림 15. 금속판 3면(후면) 설치  
Fig. 15. Metal plate 3 face(rear) setup view.

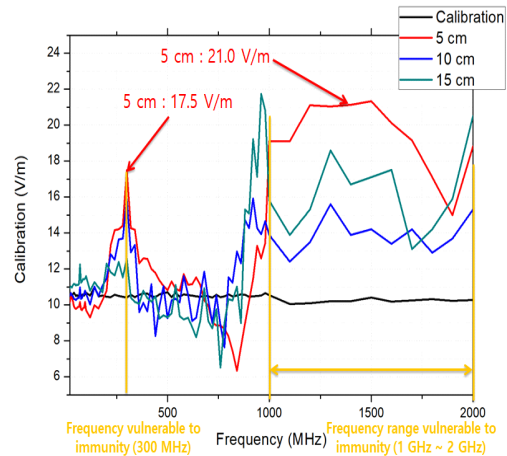


그림 16. 금속판 3면(후면) 결과  
Fig. 16. Metal plate 3 face(rear) result.

확인하였다. 금속판 3면에서 후면에 대한 배치는 그림 15이며, 결과는 그림 16이다.

그림 16 그래프에서는 주파수 300 MHz에서 Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 17 V/m가 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 1.7배 증가되었으며, 주파수 1~1.7 GHz에서는 전계 레벨이 21 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.1배 증가되었다. Field Probe와 안테나 사이에 금속판이 없기 때문에 안테나에 가까워질수록 전계 레벨이 높게 증가되는 것을 확인하였다. 앞에서 진행한 시험은 금속판의 높이 200 mm로 진행하였다. 높이에 따라 전계 레벨이 변화할 수 있다고 판단되어 다음 시험에서는 금속판의 높이별로 증폭하는 전계 레벨을 분석하였다. 앞에서 진행한 금속판 위치별 결과에서 금속판과 Field Probe의 거리가 15 cm일 때 금속판이 3면일 경우 전계 레벨이 가장 크게 증폭하는 결과가 나왔다. 높이별 시험에서는 Field Probe와 금속판의 거리를 15 cm 고정하여 진행하였다. 금속판의 높이는 50 mm, 100 mm, 200 mm, 300 mm로 진행하였으며, 배치도는 그림 17~20이며, 결과는 그림 21이다.

그림 21에서 주파수 200~600 MHz에서 금속판 높이가 100 mm일 때 전계 레벨이 30 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 3배 증가되었다. 금속판 높이가 100 mm에서 가장 높게 증가되는 것을 확인하였으며, 금

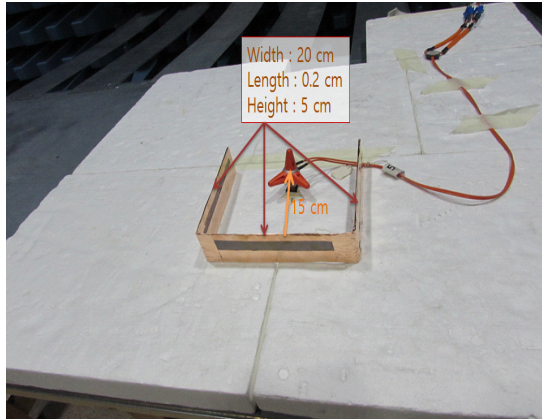


그림 17 금속판 높이 50 mm 설치  
Fig. 17. Metal plate height 50 mm setup view.

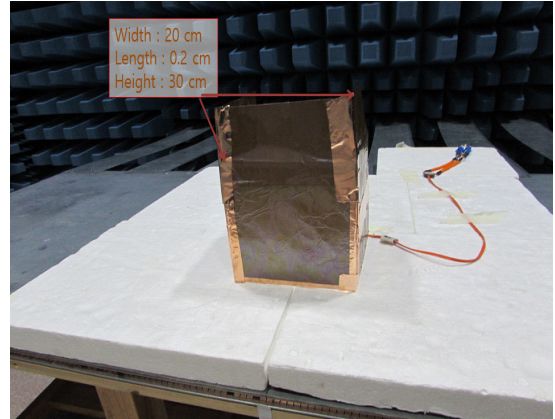


그림 20. 금속판 높이 300 mm 설치  
Fig. 20. Metal plate height 300 mm setup view.

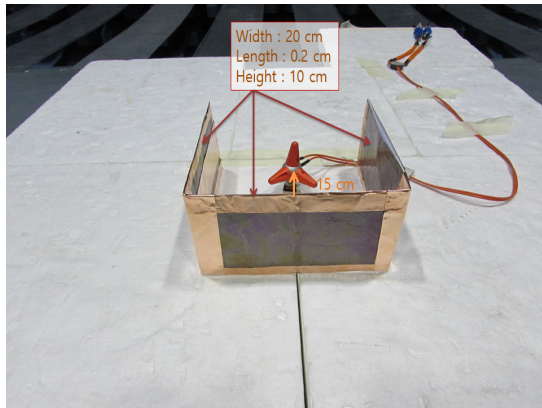


그림 18 금속판 높이 100 mm 설치  
Fig. 18. Metal plate height 100 mm setup view.

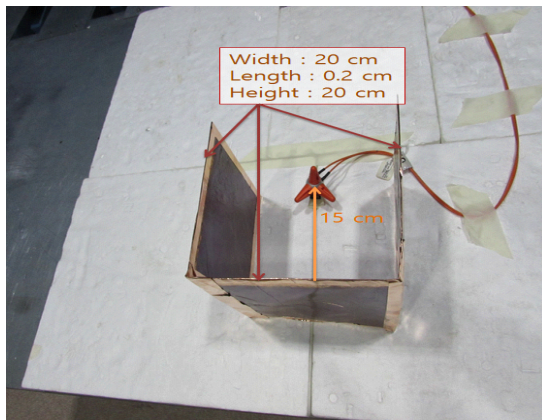


그림 19 금속판 높이 200 mm 설치  
Fig. 19. Metal plate height 200 mm setup view.

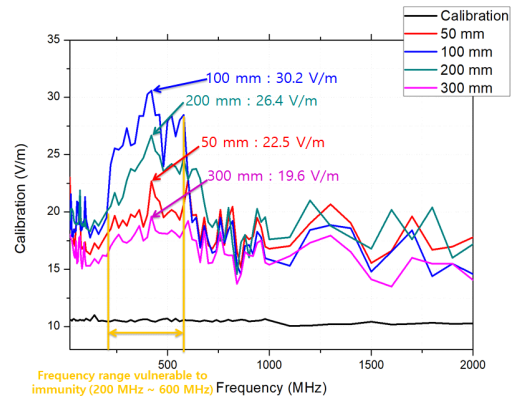


그림 21. 금속판 높이 결과  
Fig. 21. Metal plate height result.

속판 높이가 200 mm, 50 mm, 300 mm 순으로 전계레벨이 높게 측정되었다. 금속판 높이별로 전계 레벨이 증가되는 수준이 다르다는 것을 확인하였다. 앞에서 진행한 시험들은 금속판 두께를 2 mm로 진행하였다. 금속판의 두께도 전계가 증가되는 것에 영향이 있는지를 확인하기 위하여 금속판 높이를 100 mm로 고정하여 두께 별로 진행하였다. 시험 결과는 그림 22이다.

그림 22의 결과에서 주파수 200~500 MHz에서 두께 1 mm, 2 mm는 전계 레벨이 30 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 3배 증가되었으며, 두께 3 mm는 전계 레벨이 29.8 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10



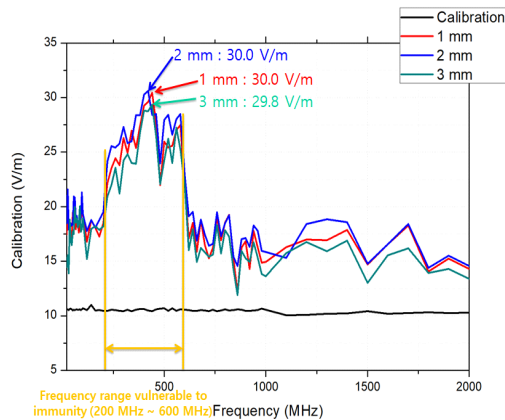


그림 22. 금속판 두께 결과  
Fig. 22. Metal plate thickness result.

V/m 기준으로 2.98배 증가되었다. 두께 1 mm, 2 mm와 두께 3 mm 증가되는 전계 레벨 수준은 0.2 V/m 차이가 나지만, 그래프에서 증폭 수준이 거의 유사하다는 것을 확인하였으며, 증폭되는 레벨이나 주파수가 큰 차이 없다는 것이 확인되었다.

### Ⅲ. 시뮬레이션(Simulation) 기반 시험 방법

시뮬레이션 시험은 EMCos Studio 2018 프로그램으로 진행하였다. 시뮬레이션에서 시험 안테나 구성은 그림 23~25에 나타내었다. 시뮬레이션에서 Ground Table 크기는 2,500 mm×1,000 mm×2 mm이며, 높이 900 mm 위치에 배치하였다. Ground Strap 크기는 200 mm×2 mm×900 mm이며, Ground Table 뒤쪽으로 143 mm 간격으로 8개를 배치하였다. Insulation Block의 크기는 1,500 mm×1,000 mm×50 mm로 배치하였다. 주황색 점이 Field Probe로 실측과 유사하게 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm 거리로 배치하였다.

금속판이 없는 경우에 전계 측정 결과는 그림 26이다. Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 10.65 V/m, 거리가 10 cm일 때 전계 레벨이 10.47 V/m, 거리가 15 cm일 때 전계 레벨이 10.26 V/m, 거리가 20 cm일 때 전계 레벨이 10.19 V/m로 측정되었으며, Field Probe가 안테나와 가까이 있을수록 전계 레벨이 증가한다는 것을 확인할 수

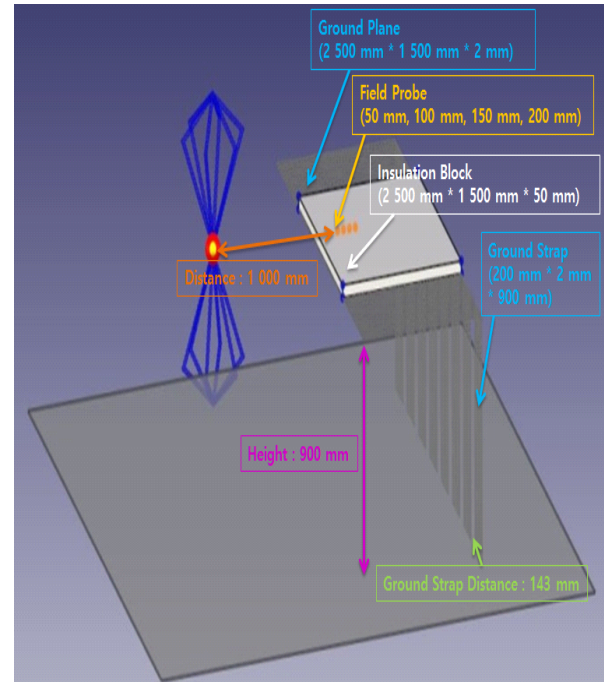


그림 23. 바이커니컬 안테나(20~100 MHz)  
Fig. 23. Biconical antenna(20~100 MHz).

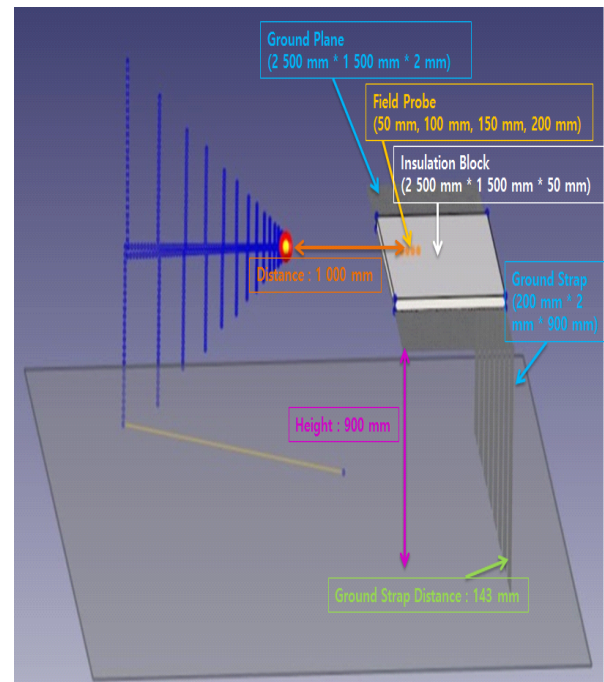


그림 24. 브이 대수 주기 안테나(100 MHz~1 GHz)  
Fig. 24. V-LOG antenna(100 MHz~1 GHz).

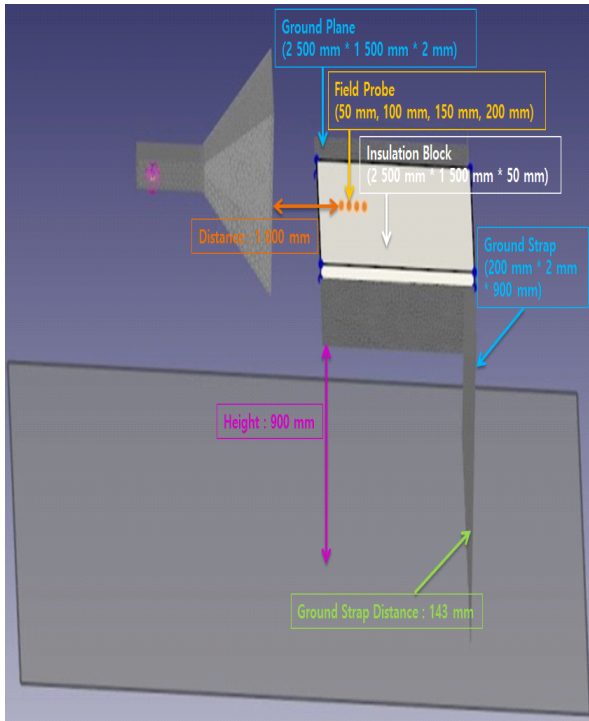


그림 25. 혼 안테나(1~2 GHz)  
Fig. 25. Horn antenna(1~2 GHz).

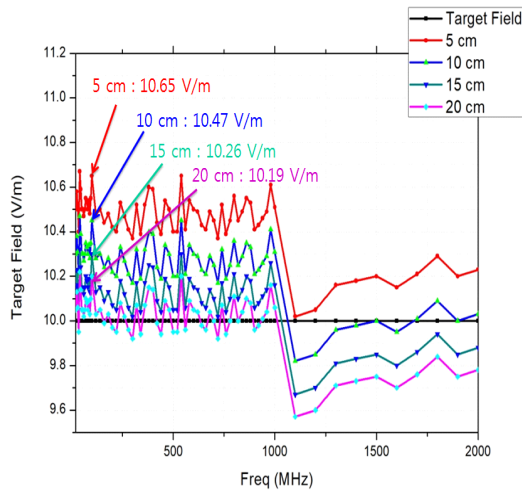


그림 26. 금속판 없을 때 시뮬레이션 결과  
Fig. 26. Simulation results when is no metal plate.

있었다. 주파수와 전계 레벨이 비례하여 증폭하는 것을 확인할 수 있었으며, Field Probe가 전계를 발생해 주는

면과 가까이 있을수록 더 높게 증폭한다는 것을 확인하였으며, 실측과 유사한 결과를 도출하였다. 다음은 금속판 1면에 대한 시험으로 배치도는 그림 27에 나타내었다.

그림 28 그래프에서 주파수 500 MHz에서 Field Probe 거리가 10 cm, 15 cm, 20 cm일 때 전계 레벨이 23 V/m 이상이 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.3배 정도 증가되었으며, 주파수 1.7~1.8 GHz에서 Field Probe 거리가 15 cm, 20 cm일 때 전계 레벨이 15 V/m 수준으로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 1.5배 정도 증가되었다. Field Probe와 금속판과 거리가 멀어질수록 전

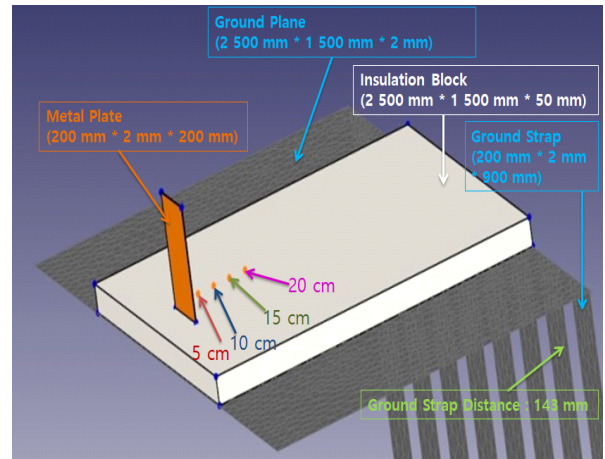


그림 27. 금속판 1면 시뮬레이션 구성  
Fig. 27. Metal plate 1 face simulation setup view.

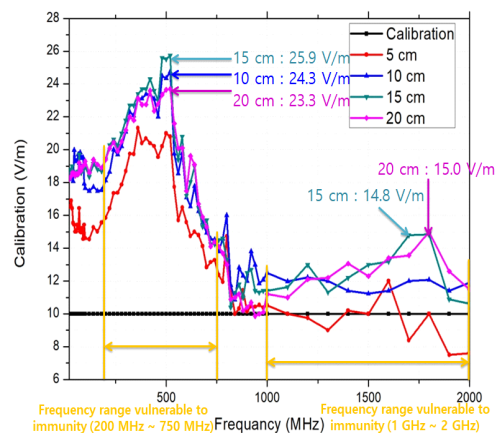


그림 28. 금속판 1면 시뮬레이션 결과  
Fig. 28. Metal plate 1 face simulation result.

계레벨이 높게 증가되며, Field Probe 거리가 15 cm일 경우 가장 높게 증가되는 것을 확인하여 실측과 유사한 결과를 도출하였다. 금속판 2면에 대한 시험으로 배치도는 그림 29에 나타내었다.

그림 30 그래프에서 주파수 300 MHz에서 Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 16.8 V/m가 측정되었으며, 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 1.68배로 증가되었으며, 주파수 1.6 GHz에서 Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계레벨이 12.0 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기

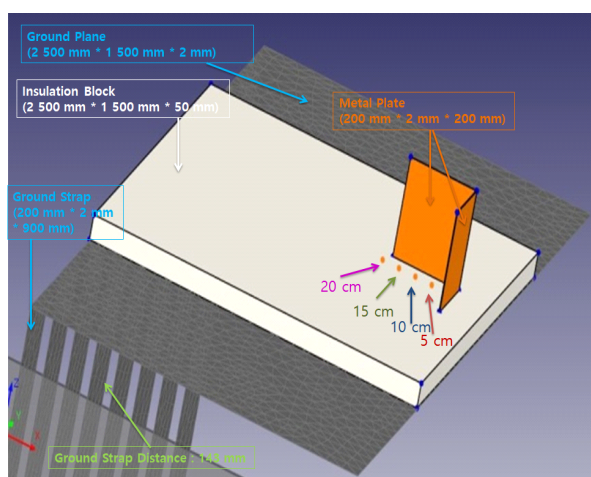


그림 29. 금속판 2면 시뮬레이션 구성

Fig. 29. Metal plate 2 face simulation setup view.

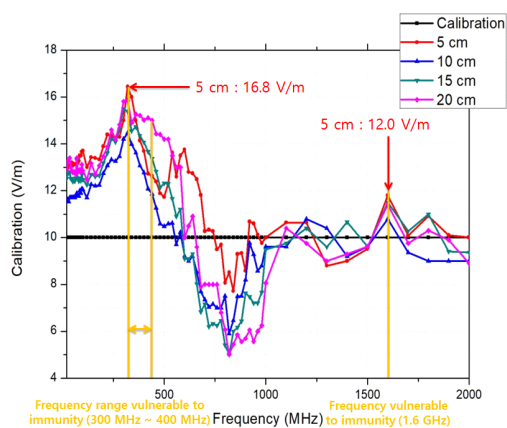


그림 30. 금속판 2면 시뮬레이션 결과

Fig. 30. Metal plate 2 face simulation result.

준으로 1.2배 정도 증가되었다. Field Probe와 금속판과 거리가 가까울수록 전계 레벨이 높게 증가되는 것을 확인하여 실측과 유사한 결과를 도출하였다. 금속판 3면(전면) 배치도는 그림 31이다.

그림 32 그래프에서는 주파수 300~600 MHz에서 Field Probe 거리가 15 cm일 때 전계 레벨이 24.8 V/m가 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.48배로 증가되었

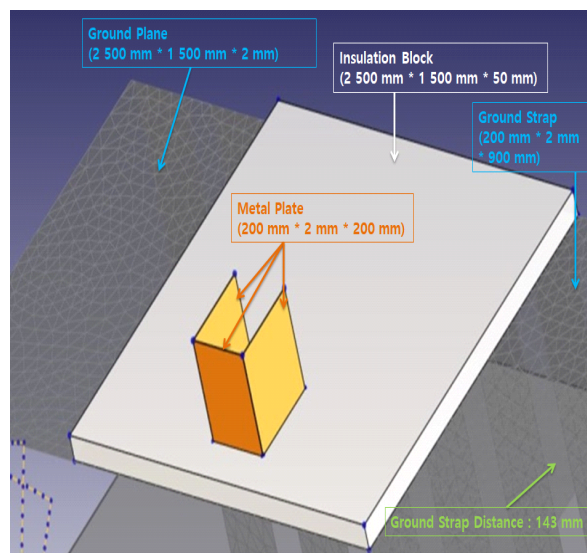


그림 31. 금속판 3면(전면) 배치도

Fig. 31. Metal plate 3 face(front) simulation setup view.

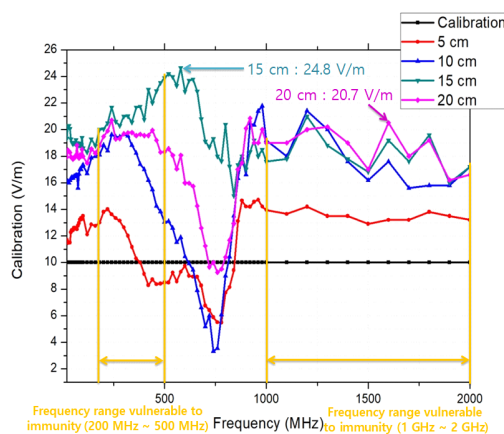


그림 32. 금속판 3면(전면) 시뮬레이션 결과

Fig. 32. Metal plate 3 face(front) simulation result.



다. 주파수 1.6 GHz에서 Field Probe 거리가 20 cm일 경우에는 전계 레벨이 20.7 V/m 로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.07 배 증가되었다. 실측보다 주파수 범위는 넓어졌지만 전계 레벨 증가 수준은 유사한 결과를 확인하였다. 금속판 3면(후면) 배치도는 그림 33이다.

그림 34 그래프에서는 주파수 300 MHz에서 Field Probe 거리가 5 cm일 때 전계 레벨이 16.8 V/m가 측정되

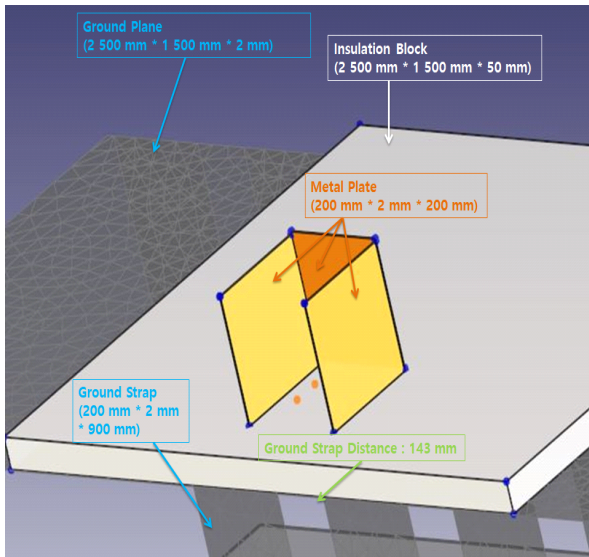


그림 33. 금속판 3면(후면) 배치도

Fig. 33. Metal plate 3 face(rear) simulation setup view.

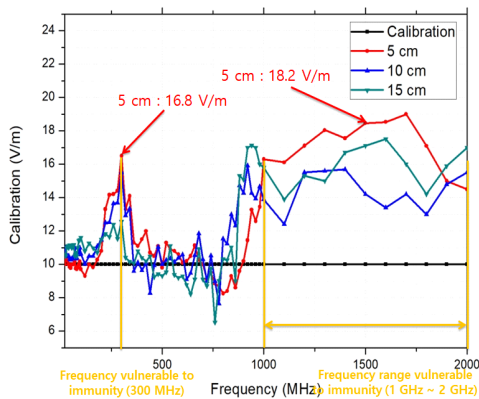


그림 34. 금속판 3면 후면 시뮬레이션 결과

Fig. 34. Metal plate 3 face(rear) simulation result.

어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 1.68배 증가되었으며, 주파수 1~1.7 GHz에서는 전계 레벨이 18.2 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 1.82 배 증가되었다. 실측보다 전계레벨 수준은 낮아졌지만 유사한 결과를 확인하였다. 금속판 높이에 대한 배치는 그림 35~38에 나타내었다.

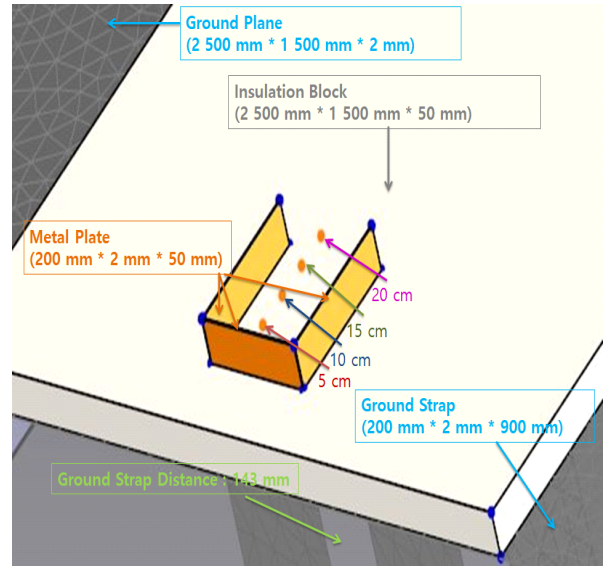


그림 35. 금속판 높이 50 mm 시뮬레이션 구성

Fig. 35. Metal plate height 50 mm simulation setup view.

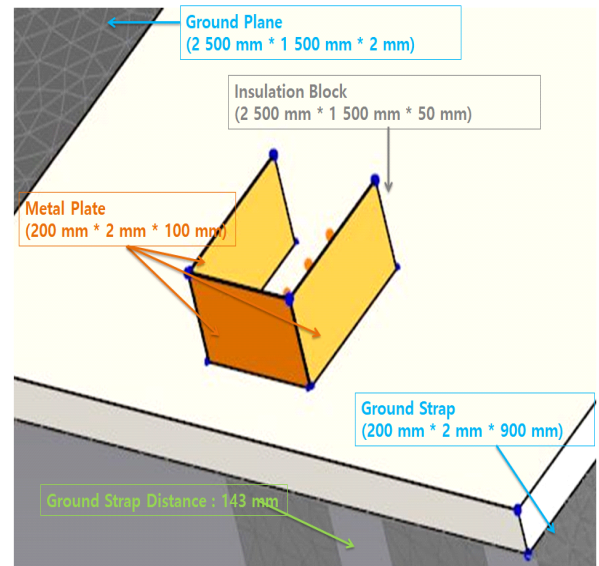


그림 36. 금속판 높이 100 mm 시뮬레이션 구성

Fig. 36. Metal plate height 100 mm simulation setup view.

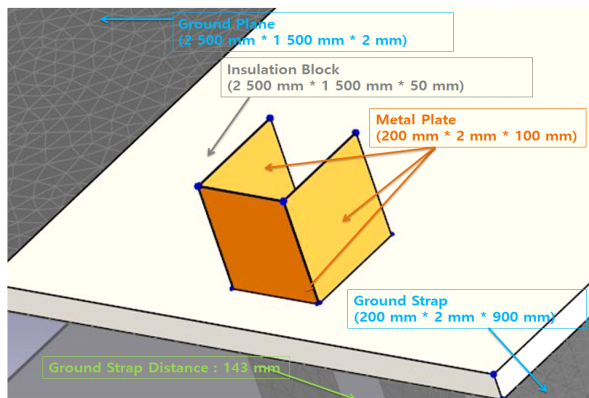


그림 37. 금속판 높이 200 mm 시뮬레이션 구성  
Fig. 37. Metal plate height 200 mm simulation setup view.

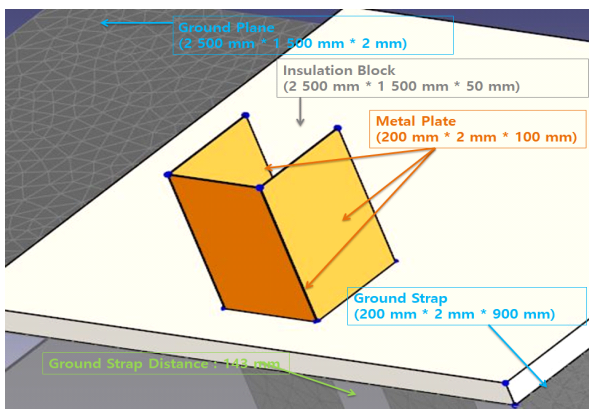


그림 38. 금속판 높이 300 mm 시뮬레이션 구성  
Fig. 38. Metal plate height 300 mm simulation setup view.

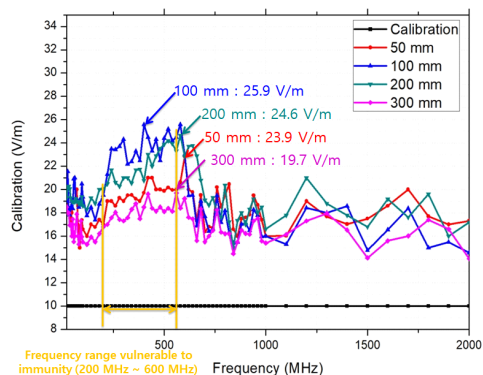


그림 39. 금속판 높이별 시뮬레이션 결과  
Fig. 39. Metal plate height simulation result.

그림 39 그래프에서 주파수 200~600 MHz에서 금속판 높이가 100 mm일 때 전계 레벨이 25.9 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.59배 증가되었다. 금속판 높이가 100 mm에서 가장 높게 증가되는 것을 확인하였으며, 금속판 높이가 200 mm, 50 mm, 300 mm 순으로 전계레벨이 높게 측정되었다. 금속판 높이별로 전계레벨이 증가되는 수준이 다르다는 것을 확인하여 실측과 유사한 결과를 도출하였다. 금속판 두께에 대한 시험 결과 그래프는 그림 40이다.

그림 40의 결과에서 주파수 200~600 MHz에서 두께 1 mm, 2 mm, 3 mm는 전계 레벨이 25.8 V/m로 측정되어 교정 전계 레벨 10 V/m 기준으로 2.58배 증가되었으며, 그래프에서 증폭 수준이 동일하다는 것을 확인하였으며, 증폭되는 레벨이나 주파수가 큰 차이 없다는 것이 확인되어 실측과 유사한 결과를 도출하였다.

실측과 시뮬레이션 결과를 토대로 자동차 바디(금속판)에 면의 위치에 따라 부품의 종류예시를 표 3~4에 나타내었다. 표 5~6은 금속판의 위치 별 취약 주파수이며, 표 7은 금속판 높이에 따른 취약 주파수이다. 표 5~7의 취약 주파수 구간은 실측과 시뮬레이션 그래프 결과에 보조선으로 추가하였다. 표 5~7과 실측과 시뮬레이션 그래프를 참고하여 자동차 부품을 설계한다면 방사 내성도의 불만족 결과가 현저히 줄어들 것으로 예상된다.

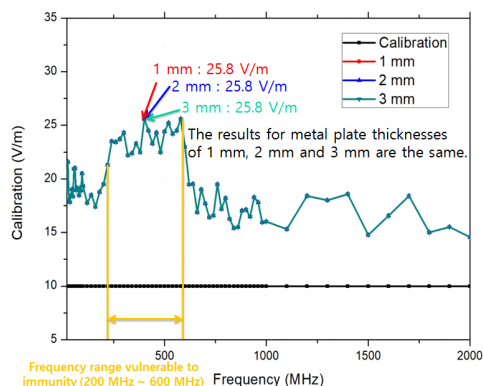


그림 40. 금속판 두께별 시뮬레이션 결과  
Fig. 40. Metal plate thickness simulation result.

표 3. 금속판 1면, 2면 위치별 부품 종류

Table 3. Metal plate 1,2 face position component type.

Distance between metal plate and component	Metal plate 1 face	Metal plate 2 face
5 cm	Millimeter waver radar	Junction box
10 cm	Oxygen sensor	Wiper motor
15 cm	Battery sensor	Cluster
20 cm	Radiator	Seat motor

표 4. 금속판 3면(전면, 후면) 위치별 부품 종류

Table 4. Metal plate 3 face(front, rear) position component type.

Distance between metal plate and component	Metal plate 3 face (Front)	Metal plate 3 face (Rear)
5 cm	USB port, Aux	Rear radar
10 cm	Car audio	Tail right
15 cm	Blower motor	Fuel filter
20 cm	Accelerator	

표 5. 금속판 1면, 2면 위치별 취약 주파수

Table 5. Metal plate 1, 2 face position susceptible frequency type.

Distance between metal plate and component	Metal plate 1 face	Metal plate 2 face
5 cm	200~750 MHz 1.6 GHz	300~400 MHz 1.6 GHz
10 cm	200~750 MHz 1~2 GHz	300~400 MHz
15 cm		
20 cm		

#### IV. 결 론

본 논문에서는 자동차 바디(금속판) 크기 및 위치에 대한 부품 내성 시험 및 실차 내성 시험의 상관관계에 대한 연구를 하였다. 부품 내성 평가 규격 ISO 11452-2(2004)와 실차 내성 평가 규격 ISO 11451-2(2015), ECE R 10 Revision 5, KN41(2016-12)에서는 실차의 내성 평가에서

표 6. 금속판 3면(전면, 후면) 위치별 취약 주파수

Table 6. Metal plate 3 face(front, rear) position susceptible frequency type.

Distance between metal plate and component	Metal plate 3 face (Front)	Metal plate 3 face (Rear)
5 cm	1~2 GHz	300 MHz 1~2 GHz
10 cm	200~300 MHz 1~2 GHz	300 MHz 1~2 GHz
15 cm	200~500 MHz 1~2 GHz	1~2 GHz
20 cm	200~300 MHz 1~2 GHz	

표 7. 금속판 높이별 취약 주파수

Table 7. Metal plate height susceptible frequency type.

Metal plate height	Frequency range vulnerable to immunity
50 mm	400~500 MHz
100 mm	200~600 MHz
200 mm	200~600 MHz
300 mm	400~500 MHz

는 만족을 하더라도 부품의 내성 평가는 불만족이 발생할 수 있음을 확인하여 차량용 부품에 대한 부품 내성 시험과 실차 내성 시험의 상관관계를 파악하고, 자동차 바디를 금속판으로 가정하여 부품 내성 시험을 진행할 경우 실차 내성 시험 환경과 유사한 조건과 금속판의 위치 및 크기별로 증폭되는 주파수를 제안하였다<sup>[5]~[8]</sup>. 장착 위치와 취약한 주파수를 고려하여 부품을 설계하고, 부품 내성 시험에서 실차의 장착 조건과 유사하게 구성하여 시험하면 실차 시험에서 불만족을 하는 결과가 현저히 줄어들 것으로 기대한다.

#### References

- [1] J. G. Sin, "Automotive Electromagnetic(EMC) testing standards and testing methods," in *the Proceeding of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Sci-*



- ence, Dec. 1996, vol. 7, no. 2, pp. 17-29.
- [2] J. G. Sin, J. H. Choi, "Automotive and component EMC standardization technology trends," in *the Proceeding of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Jan. 2009, vol. 20, no. 1, pp. 42-52.
- [3] J. G. Yang, H. S. Keum, "Study on the establishment and revision of technical standards and test methods for electromagnetic compatibility," in *the Proceeding of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Jan. 2012, vol. 23, no. 1, pp. 5-14.
- [4] J. M. Song, "Revision of electromagnetic interference prevention standards and test methods recent trends," in *the Proceeding of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Mar. 2012, vol. 23, no. 2, pp. 54-62.
- [5] *Road Vehicles, Component Test Methods for Electrical Disturbance from Narrowband Radiated Electromagnetic Energy - Part 2: Absorber-Lined Shielded Enclosure*, ISO 11452-2, Nov. 2004.
- [6] *Road Vehicles, Vehicle Test Methods for Electrical Disturbances from Narrowband Radiated Electromagnetic Energy - Part 2: Off-Vehicle Radiation Sources*, ISO 11451-2, Jun. 2015.
- [7] *Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to Electromagnetic Compatibility*, ECE R 10 Revision 5, Oct. 2014.
- [8] *Electromagnetic Compatibility Test Method for Automobiles and Internal Combustion Engine Driving Equipment*, KN 41, Dec. 2016.

김 동 균 [자동차부품연구원 / 선임연구원]

<https://orcid.org/0000-0001-9700-8858>



2014년 2월: 공주대학교 나노정보공학 (공학사)

2017년 9월 ~ 2020년 2월: 아주대학교 IT 융합대학원

2014년 10월 ~ 현재: 한국자동차연구원 근무

[주 관심분야] RF, EMC, EMS 등

박 용 배 [아주대학교 전자공학과 / 교수]

<https://orcid.org/0000-0002-7095-4614>



1998년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학사)

2000년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

2003년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

2003년 2월 ~ 2006년 8월: KT 인프라연구소 선임연구원

2006년 9월 ~ 현재: 아주대학교 전자공학과 교수

[주 관심분야] 전자장 해석, EMI/EMC