

승용차 실내의 815~865MHz 및 900~950MHz대역의 전자파 분석

최 광 제¹⁾ · 조 시 기²⁾ · 정 원 략²⁾ · 장 성 국²⁾ · 강 신 한²⁾ · 한 상 휘³⁾

한라대학교 전기전자공학부¹⁾ · 한라대학교 기계자동차공학부²⁾ · 만도 중앙연구소³⁾

Analysis of Electro-magnetic Waves for the 815~865MHz and 900~950MHz Bands in a Cabin of Automobile

Gwangje Choe^{*1)} · Shigie Jho²⁾ · Weolrark Jeung²⁾ · Sungkuk Jang²⁾ · Shinhan Kang²⁾ · Sangwhi Han³⁾

¹⁾Department of Electrical Engineering, Halla University, Gangwon 220-712, Korea

²⁾Department of Mechanical Engineering, Halla University, Gangwon 220-712, Korea

³⁾Mando Corporation Central R&D Center, Yongin-si, Gyeonggi 449-901, Korea

(Received 8 August 2005 / Accepted 12 September 2005)

Abstract : In this paper, we have measured the power of the electro-magnetic waves in the cabin of automobiles with automatic transmission or manual transmission. Measured frequency ranges are 815~865MHz and 900~950MHz. Experimental studies are conducted by measuring the radiated power of the frequency spectrum for above frequency bands. The $\lambda/2$ dipoles used for measurement are fabricated to comply with the COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC. Experimental results confirm that the level of radiated power in the cabin of automobile with automatic transmission is higher than that with manual transmission. The measured values are less than -85dBm for the manual transmission vehicles, but more than -79dBm for the automatic transmission vehicles.

Key words : Electro-magnetic wave(전자파), $\lambda/2$ dipole(반파장 다이폴), Automatic transmission(자동 변속기)

1. 서론

자동차산업은 기계공학적인 부분과 전기·전자적인 부분의 집합으로 생각할 수 있다. 전기·전자장치에서는 전자파가 발생되고, 그 전자파는 주위 공간으로 복사된다. 또한 요즘의 자동차에는 전기·전자장치가 지속적으로 추가되고 있는 추세이기 때문에 그만큼 더 많은 전자파가 주위 공간에 복사되고 있다고 할 수 있다. 따라서 전기·전자장치에서 발생하는 전자파는 그 주위 공간에 있는 다른 전기·전자장치에 영향을 미칠 수 있기 때문에 자동차에 사용되는 전기·전자 부품과 장치에 대하여

개별 부품에 대한 전자파 시험과 완성된 자동차에서 외부 공간에 복사하는 전자파(vehicle radiated emission)에 대한 시험을 이행한다.

특히, 유럽의 여러 나라에서는 스파크 점화 엔진(spark ignition engine)을 탑재한 자동차에서 강한 전자파가 복사되기 때문에 이러한 종류의 자동차에 대하여 자동차의 형식 승인을 할 때 전자파 복사와 관련된 시험을 하도록 규정하고 있다.¹⁾ 자동차의 엔진룸은 강한 전자파를 복사하는 다수의 전자파 발생원이 있고,²⁾ 자동차의 실내엔 엔진룸과 격벽을 사이에 두고 위치해 있기 때문에 엔진룸 내에서 발생된 전자파가 복사될 가능성이 있는 외부 공간으로 고려할 수 있다. 엘리베이터나 버스 등과 같이 밀폐된 공간에서 휴대전화를 사용하는 경우 공간내의

*To whom correspondence should be addressed.
kjchoi@hit.halla.ac.kr

에너지 축적에 의하여 인체에 유해할 수 있다³⁾는 논문이 발표된 바 있으며, 휴대전화에서 발생하는 전자파는 소아 백혈병의 원인이 될 수 있다는 연구 결과가 매스컴을 통하여 발표된 바도 있다.

자동차에는 다수의 전자파 발생원이 있기 때문에 자동차의 실내에는 전자파가 존재할 수 있다.

본 논문에서는 유해성 논란이 되고 있는 셀룰라 (cellular) 대역 부근의 전자파의 존재를 확인하고, 해당 대역의 전자파의 세기를 측정하였다.

자동차 실내에서 전자파의 세기를 제한하는 규정이 없기 때문에 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC에 규정된 자동차 외부에서 전자파의 세기를 제한한 규정¹⁾과 제시한 측정 방법을 참고로 하여 시행하였다.

2. 측정용 다이폴 안테나의 설계 및 제작

2.1 반파장 다이폴 안테나의 설계 이론

COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC¹⁾에서 스프라크 점화 엔진을 탑재한 자동차의 형식 승인과 관련한 전자파 복사의 측정에는 평형형 반파장 공진 다이폴(a balanced half wave resonant dipole) 안테나를 사용하도록 규정되어 있다. 이러한 규정에 의한 반파장 다이폴 안테나의 구조는 Fig. 1에 나타난 바와 같으며, 안테나의 전장 l 이 사용파장 λ 의 반인 $\lambda/2$ 이어야 한다. 그러나 안테나의 전장 l 이 사용파장 λ 의 반인 $l = \lambda/2$ 인 경우에는 급전점(Fig. 1(a)에서 점 A)에서 안테나의 급전점 임피던스 Z_a 는 $Z_a = 73.13 + j42.5 [\Omega]$ 로 되어, 사용파장 λ 에 공진하지 않게 된다.⁴⁾

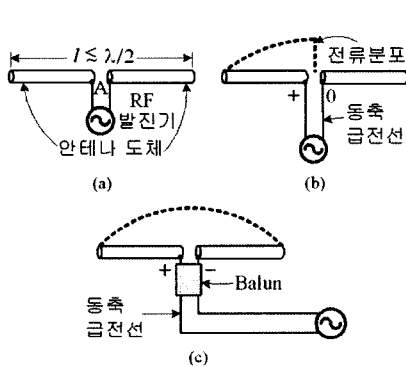


Fig. 1 Schematic diagram of a half wave resonant dipole

사용파장 λ 에 공진하려면 안테나의 전장 l 은 Fig. 1(a)에 나타난 바와 같이 $\lambda/2$ 보다 약간 짧게 하여야 한다.⁴⁾

전자 측정장치의 측정용 케이블은 동축케이블을 사용하는 것이 일반적이다. 이러한 동축케이블은 불평형 선로이다. 따라서 Fig. 1(b)와 같이 직접 다이폴 안테나와 연결하면 다이폴 안테나의 전류분포는 Fig. 1(b)에 나타난 바와 같이 되기 때문에 이 경우의 다이폴 안테나는 불평형형이 되므로 평형형 다이폴 (balanced dipole)을 사용하여야 한다는 규정을 충족시키지 못하게 된다.

이와 같은 문제점은 Fig. 1(c)에 나타난 바와 같은 평형 불평형 변환기(Balun)⁵⁾를 사용하면 해결할 수 있다. Fig. 1(c)와 같은 전류분포를 갖는 안테나가 측정용 안테나의 조건을 만족시키는 평형형 반파장 공진 다이폴(a balanced half wave resonant dipole) 안테나이다.

2.2 측정용 다이폴 안테나의 제작 및 특성

본 논문에서는 인체의 유해성 논란이 되고 있는 셀룰라 대역(MS Tx : 824~849MHz, BS Tx 869~894MHz)과 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC¹⁾에서 스폿 주파수(spot frequency)로 지정한 900MHz 대역 부근을 측정하기 위하여 중심주파수가 각각 850MHz인 안테나와 중심주파수가 925MHz인 안테나를 각각 제작하고, 평형 불평형 변환기(Balun)로는 스페르토프(sperrtopf)를 사용하였으며, 제작한 안테나는 Fig. 2와 같다.

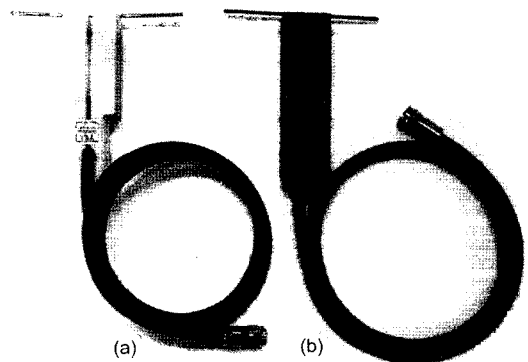
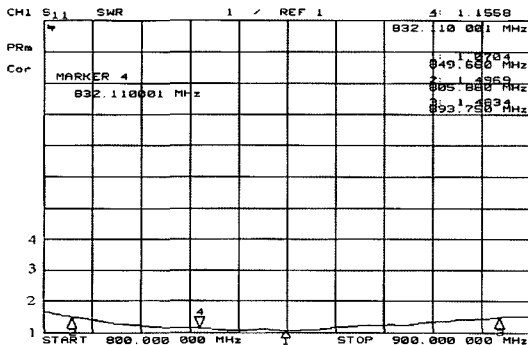


Fig. 2 Balanced $\lambda/2$ resonant dipoles for measurement

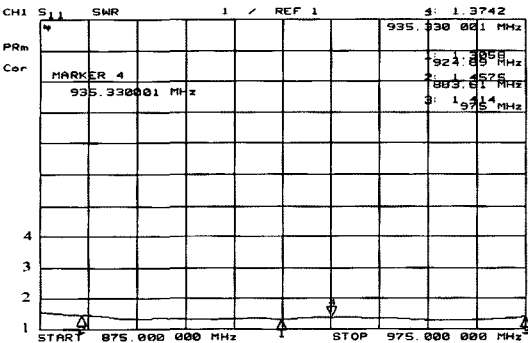
Fig. 2(a)와 (b)의 안테나의 성능을 나타내는 정재파비(standing wave ratio :SWR)는 각각 Fig. 3(a), (b)와 같다.

Fig. 3의 안테나 특성을 측정한 결과를 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1에 나타낸 바와 같이 Fig. 2(a)의 측정용 안테나는 중심주파수(center frequency:CF)가 850MHz이며 805~894MHz 대역 내에서 SWR이 1.5이하이고, Fig. 2(b)의 측정용 안테나는 중심주파수가 925MHz이며 883~975MHz내에서 SWR이 1.5이하이다. SWR이 1.5이하인 경우 안테나에서 수신된 전력의 96%이상인 수신기(측정장치)로 전달될 수 있기 때문에 Fig. 2와 같은 반파장 다이폴 안테나들은



(a) Band : 805 ~ 894MH(CF: 850MHz)



(b) Band : 883 ~ 975MH(CF: 925MHz)

Fig. 3 SWR of Fig. 2 dipole antenna

Table 1 Measurement results for SWR of each measuring antennas

안테나 종류	CF[MHz]	Band[MHz]	SWR
Fig. 2(a)	850	805 ~ 894	<1.5
Fig. 2(b)	925	883 ~ 975	<1.5

COMMISSION DIRECTIVE 95/ 54/ EC¹⁾의 규정에 적합한 안테나라고 할 수 있다. 또한 두 안테나를 이용하여 측정하면, 셀룰라 대역인 824~894MHz:와 이 대역 외의 상하측 주파수 측정이 가능하게 된다.

3. 측정 및 결과 분석

3.1 측정 장치의 설치

측정 장치의 설치도는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 측정용 안테나는 2장에서 설계 및 제작한 반파장 다이폴 안테나로 조수석에 지면과 수평으로 설치하고, 계측기인 스펙트럼 분석기는 차량외부에 설치하여 측정하였다. 안테나를 지면과 수평으로 설치한 것은 자동차의 엔진룸에서 복사되는 전자파의 세기는 수직편파 성분보다 수평편파 성분이 크기 때문에²⁾ 수평편파에 대한 측정 결과를 분석하기 위한 것이다.

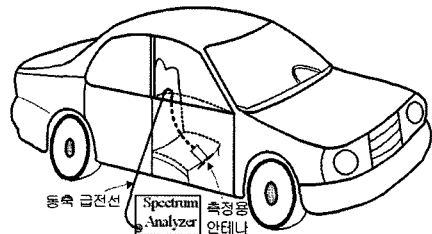


Fig. 4 Layout of measurement equipment

3.2 측정 환경의 기준 설정

측정의 신뢰를 높이기 위하여 측정환경의 기준은 두 가지를 고려하였다. 첫 번째는 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC에 의하면, 자동차의 엔진룸에서 10m 떨어진 곳에서 측정주파수가 400MHz~1000MHz인 경우 복사전계의 최대값은 180μV/m 또는 45dB(μV/m)이고, 형식승인을 받기 위해서는 최대값의 80%이하이어야 하고, 평형형 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용하여 측정한 전계강도의 준피크값(quasi peak)을 사용하도록 규정되어 있다.¹⁾ 이 규정의 규정값을 본 측정에서 사용한 장치들을 고려하여 환산하면, 중심주파수가 850MHz인 안테나인 경우에는 -79.4dBm이고, 중심주파수가 925MHz인 안테나인 경우에는 -79.7dBm이다. 따라서 실험에서 전자파의 발생 여부를 판단하는 기준값은 위

의 환산값보다 큰 -79dBm으로 설정하였다.

두 번째는 측정장치의 백색잡음(white noise)과 측정시의 주변 전파환경을 고려한 것으로 강한 전자파를 복사하는 셀룰라의 기지국 주파수인 869~894MHz는 측정대상 범위에서 제외하고, 약한 전자파를 복사하는 셀룰라의 이동국(휴대전화) 주파수인 829~849MHz와 무선 데이터 통신의 이동국 주파수인 896~898MHz 및 무선 데이터 통신의 기지국 주파수인 936~938MHz는 측정하고자하는 주파수 범위에 포함시키되 측정장치의 성능과 주변환경을 고려하여 중심주파수가 850MHz인 안테나를 사용하여 측정하는 경우에는 외부신호의 수신전력이 -81dBm이하인 경우에 측정된 것을 유효한 결과로 사용하기로 하였다. 즉, -81dBm보다 3dB큰 -79dBm 이상의 신호가 측정되는 경우 자동차의 실내에 자동차 실내에 전자파가 있는 것으로 판단하기로 하였다. 측정환경의 기준값을 -81dBm으로 설정한 것은 Fig. 5의 측정결과에 의한 것이다.

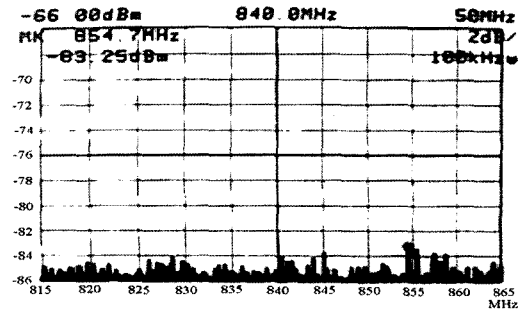
Fig. 5(a)와 (c)는 자동차의 엔진을 끄고, 유리창을 알루미늄 박판을 이용하여 외부에서 승용차 실내로 들어오는 전자파를 차폐(shield)한 후 측정된 결과이다.

Fig. 5(b)와 (d)는 알루미늄 박판에 의하여 전자파를 차폐시키지 않고 개방된 공간(open site)에서 전자파를 측정할 결과이다.

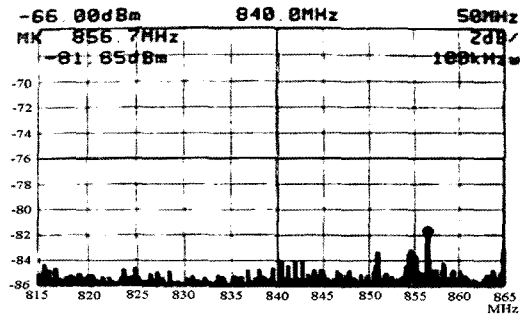
Fig. 5(a)와 (b)에서 차폐된 경우의 최대값은 -83.25dBm이고 개방된 상태에서는 -81.65dBm으로 그 차이는 1.6dB이다. 또한 Fig. 5(c)와 (d)에서 차폐된 경우의 최대값은 -86.30dBm이고 개방된 상태에서는 -82.75dBm으로 그 차이는 3.55dB이다. 따라서 피측정 신호가 -79dBm이상인 경우에는 개방된 상태의 최대값인 -81.65dBm보다 약 3dB(2배) 큰 신호이므로 전자파의 유무 판정에 미치는 영향은 무시할 수 있으므로 개방된 상태에서 측정하였다.

3.3 측정 실험 결과

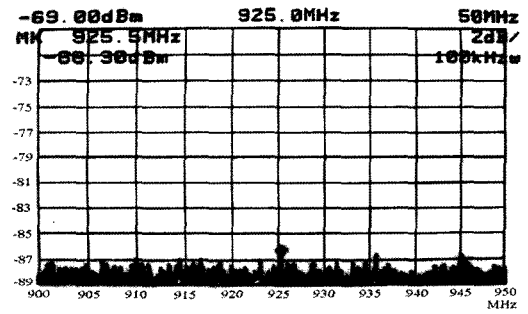
실험은 측정환경이 -81dBm이하인 조건을 만족하는 경우에 실시하였으며, 측정시 엔진의 구동 상태는 1000rpm이하로 가속 페달을 사용하지 않은 공회전(idling) 상태에서 실시하였다. Fig. 6~Fig. 10의



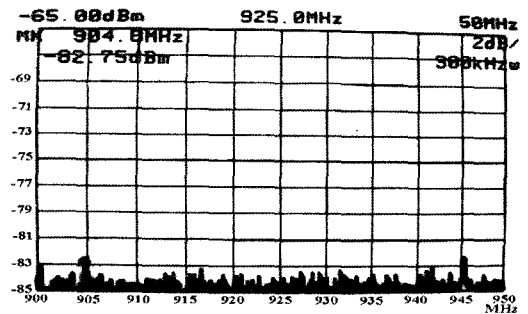
(a) Shield



(b) Open site



(c) Shield



(d) Open site

Fig. 5 Measurement results for reference levels

측정결과는 하나의 자동차에 대하여 10회 이상 측정하고, 그 측정에서 구한 최대값들을 평균한 후, 최대값이 평균 최대값에 가장 근접한 측정 결과를 제시한 것이다.

또한 Fig. 6~Fig. 9은 자동변속기 차량이고, Fig. 10은 Fig. 6와 같은 차종의 수동 변속기 차량이다.

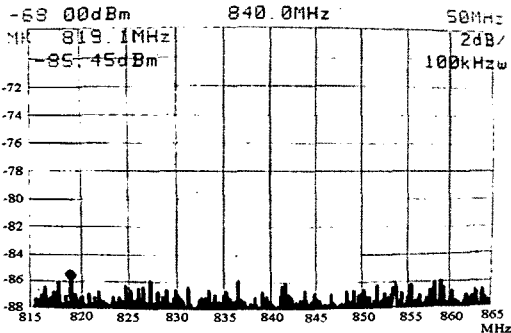
이 실험 결과가 제조회사의 자동차 판매에 영향을 미칠 수도 있음을 감안하여 실험에 사용된 차량에 대하여는 구분하지 않고, No.1~No.5로 하여 구분하기로 한다.

Fig. 6은 No.1 자동차에 대한 측정결과이다.

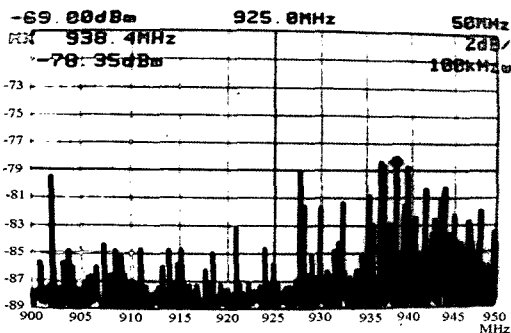
No.1 자동차는 Fig. 6(a)에서 보는 바와 같이 815~865MHz대는 -81dBm 이하이므로 실내의 전자파는 존재하지 않는 것으로 볼 수 있다.

그러나 Fig. 6(b)에서 보는 바와 같이 935~940MHz대는 -79dBm이상의 전자파 성분이 다소 존재하므로 실내에 전자파 성분이 존재한다고 할 수 있다.

Fig. 7은 No.2 자동차에 대한 측정결과이다.

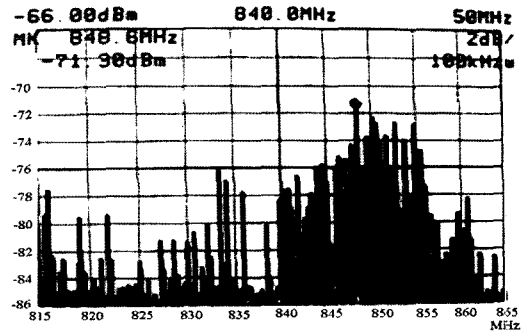


(a) Frequency band : 815~865MHz

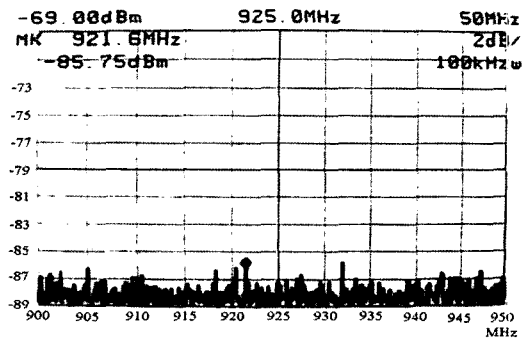


(b) Frequency band : 900~950MHz

Fig. 6 Measured results for No.1 vehicle



(a) Frequency band : 815~865MHz



(b) Frequency band : 900~950MHz

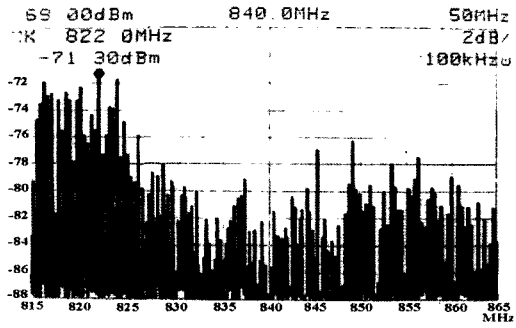
Fig. 7 Measured results for No.2 vehicle

No.2 자동차는 Fig. 7(a)에서 보는 바와 같이 기준으로 설정한 -79dBm이상의 전자파 성분이 존재하는 대역은 833~861MHz대에서 나타나고 있으므로 이 주파수 대역의 전자파 성분이 존재한다고 할 수 있다. 그러나 900~950MHz대에서는 Fig. 7(b)에서 보는 바와 같이 기준으로 설정한 -79dBm이하이므로 실내에는 이 주파수 대의 전자파가 존재하지 않음을 알 수 있다.

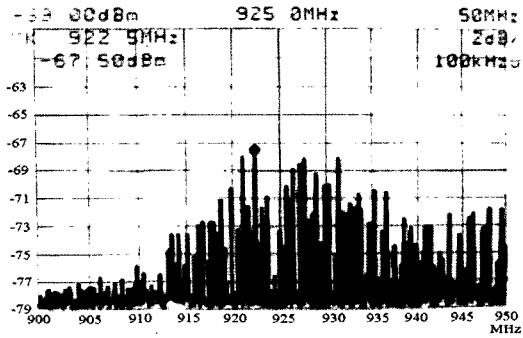
Fig. 8은 No.3 자동차에 대한 측정결과이다.

No.3 자동차는 Fig. 8(a)에서 보는 바와 같이 815~830MHz대에서는 기준으로 설정한 -79dBm보다 큰 전자파의 성분이 존재하고, 845~857MHz대에서는 기준으로 설정한 -79dBm보다 다소 큰 전자파 성분이 존재한다. 또, 및 900~950MHz대에서는 전대역에서 기준으로 설정한 -79dBm이상의 전자파 성분이 존재함을 알 수 있다. 특히 920~932MHz대에서는 기준으로 설정한 레벨보다 9dB(기준값의 8배) 큰 전자파가 존재함을 알 수 있다.

Fig. 9는 No.4 자동차에 대한 측정 결과이다.



(a) Frequency band : 815 ~ 865MHz



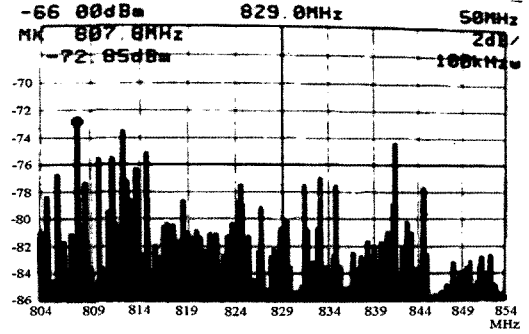
(b) Frequency band : 900 ~ 950MHz

Fig. 8 Measured results for No.3 vehicle

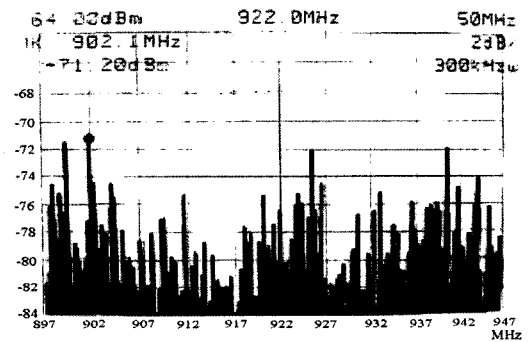
No.4 자동차에서는 측정대역인 815~865MHz 대역에서는 하한 값인 815MHz 부근에서 최대값이 측정되기 때문에 측정 주파수대를 11MHz 아래로 이동시킨 804~854 MHz대역에서 측정하였다. 또한 측정대역이 900~950MHz 대역에서도 하한 값인 900MHz 부근에서 최대값이 측정되기 때문에 측정 주파수대를 3MHz 아래로 이동시킨 897~947MHz 대역에서 측정하였다.

No.4 자동차는 Fig. 9(a)에서 보는 바와 같이 804~815MHz, 825MHz대 부근, 832~835MHz, 841~845 MHz 대역에서 기준으로 설정한 -79dBm보다 큰 전자파의 성분이 존재한다고 할 수 있다. 또한 Fig. 9(b)에서 보는 바와 같이 900~950MHz대에서는 거의 전대역에서 기준으로 설정한 -79dBm이상의 전자파 성분이 존재함을 알 수 있다. 특히 899MHz, 902 MHz, 925MHz, 940MHz 부근에서는 기준으로 설정한 레벨보다 6dB(기준값의 4배) 큰 전자파가 존재함을 알 수 있다.

Fig. 10은 No.5 차량에 대한 측정 결과이다.

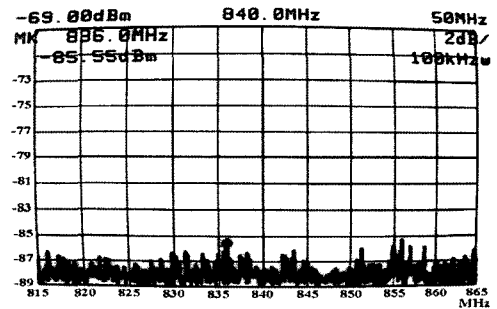


(a) Frequency band : 804 ~ 854MHz

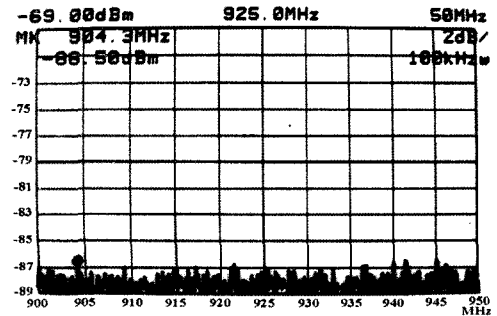


(b) Frequency band : 897 ~ 947MHz

Fig. 9 Measured results for No.4 vehicle



(a) Frequency band : 815 ~ 865MHz



(b) Frequency band : 900 ~ 950MHz

Fig. 10 Measured results for No:5 vehicle

Fig. 10은 No.1 차량과 동종의 수동 변속기 자동차이며, Fig. 6과 비교할 때 자동차 실내의 전자파는 존재하지 않음을 알 수 있다. 추가로 2대의 수동 변속기 차량을 측정 한 결과 또한 Fig. 10과 유사하였다.

Fig. 5 ~ Fig. 9와 Fig. 10의 측정 결과를 비교해 볼 때, 자동변속기 차량인 경우 상당량의 전자파가 실내에 존재한다고 할 수 있다.

4. 결론

쾌적한 자동차를 제조하기 위하여 진동과 소음을 개선하기 위한 연구를 진행하는 현재의 추세임 감안하면 승용차 실내의 전자파와 관련된 부분도 함께 진행하여 개선하는 것이 바람직할 것이라고 생각한다. 왜냐하면 전자파가 인체에 유해할 수 있다는 연구 결과가 각종 매스컴을 통하여 발표되고 있다. 따라서 전자파가 눈에 보이지 않는다고 무시하는 것보다는 개선하는 것이 자동차가 전자파의 유·무해와 관련된 논란의 대상에서 제외 될 수 있기 때문이다.

References

- 1) "Council Directive 952/54/EC," Official Journal of the European Communittees, No.L.256, pp.1-64, 1995.
- 2) G. J. Choe, S. G. Jho, W. L. Jeung, S. K. Jang and S. H. Kang, "Analysis of Electro- magnetic Wave Radiating from an Ignition Plug and High-voltage Cable inside an Engine Room," Transations of KSAE, Vol.12, No.1, pp.201-215, 2004.
- 3) T. Hondou, "Rising Level of Public Exposure to Mobile Phones," Journal of the Physucak Society of Japan, Vol.71, No.2, pp.432-435, 2002.
- 4) W. L. Stutzman, Antenna Theory and Design, John Wiley & Sons, Inc., pp.192-203, 1981.
- 5) S. A. Balanis, Antenna Theory, John Wiley & Sons, Inc., pp.466-484, 1997.