

자동차 실내의 전자파 복사원에 관한 연구

최 광 제*

한라대학교 전기전자공학부

A Study on the Radiating Source of Electro-magnetic Waves in the Cabin of Automobile

Gwangje Choe*

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

(Received 1 February 2006 /Accepted 18 April 2006)

Abstract : This paper investigates the radiating source of electro-magnetic waves in the cabin of automobile with spark ignition engine. Front seats are very close to the engine room where electro-magnetic waves are expected to be radiating. But front seat area is believed to be a blind zone, which is not affected by radiating electro-magnetic waves, because a bulk board and floor board shield the front seat area. The level and frequency spectrum of electro-magnetic waves are measured at the passenger seat and the engine room. The measured frequency range is 145~365MHz. As a results, the level of the electro-magnetic waves of automatic transmission vehicle is greater than -82dBm. The shapes of frequency spectrum of both engine room and passenger seat are look alike. But the level of electro-magnetic waves of manual transmission vehicle is less than -82dBm and the shapes of frequency spectrum of engine room and passenger seat are different to each other. From these results, we can say that any mal-function caused by electro-magnetic waves in the automobile cabin are only possible for automatic transmission vehicle. Also, it is believed that the radiating source of electro-magnetic waves is inside the vehicle. Thus, based on the transmission line theory, this paper presumably concludes that the cables which connect all the components inside a automatic transmission vehicle must be a radiating source of electro-magnetic waves in the cabin.

Key words : Electro-magnetic source(전자파 복사원), Blind zone(블라인드), Bulk board(격벽), Floor board(바닥), Frequency spectrum(주파수 스펙트럼), Automatic transmission(자동 변속기), Manual transmission(수동 변속기), Transmission line theory(전송선로 이론)

1. 서 론

불꽃 점화 엔진(spark ignition engine)을 탑재한 자동차인 경우 엔진룸 내에서 발생하는 전자파로 인하여 실내에 설치된 GPS(Global positioning system) 수신기가 장애를 일으킨다는 사실이 기사로 발표된 바 있다. 또한 불꽃 점화 엔진을 탑재한 자동차의 실내에는 전자파를 복사하는 엔진룸과 붙어 있어서

COMMISSION DIRECTIVE 95/ 54/EC에서 규정¹⁾하고 있는 자동차 외부의 전자파 레벨보다 큰 전자파가 존재할 수 있다고 매스컴을 통하여 발표한 바 있다.

승용차 구조를 전자파의 전파전파 이론(wave propagation theory)²⁾에 의하여 고찰하면, 승용차 실내에는 격벽보다 위에 있는 공간과 격벽보다 아래에 있는 공간으로 분리하여 고려할 수 있으며, 이들 공

*Corresponding author, E-mail: kjchoi@hit.halla.ac.kr

간은 엔진룸에서 복사되는 전자파의 전파 특성이 서로 다른 공간으로 된다. 즉 격벽보다 위에 있는 공간은 엔진룸에서 복사되는 전자파의 영향을 직접적으로 받는 공간이기 때문에 매스컴의 발표와 같이 전자파의 레벨이 규정값보다 클 수 있지만, 격벽보다 아래에 있는 공간은 격벽과 차바닥에 의해 엔진룸에서 복사되는 전자파가 차폐되기 때문에 엔진룸에서 복사되는 직접파와 대지 반사파의 영향을 받지 않는 불감대(blind zone)로 된다. 따라서 불감대인 이 공간에서 전자파의 세기는 엔진룸 주변의 규정값보다 작아야 한다.

본 논문에서는 엔진룸에서 복사되는 전자파의 직접적인 영향을 받지 않는 불감대인 조수석에서 전자파의 레벨과 주파수 대역을 측정하였고, 이 전자파와 엔진룸에서 복사되는 전자파의 관계를 규명하기 위하여 엔진룸에서 복사되는 전자파의 레벨과 주파수 대역도 측정하였다.

측정 결과는 수동 변속기 차량의 조수석에서 전자파의 세기는 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC에 규정된 엔진룸에서 3m 떨어진 곳에서 290MHz 대역의 규정값인 $139.42\mu\text{V}/\text{m}^{(1)}$ 이하였고, 자동 변속기 차량은 규정값 이상이였다. 이러한 측정 결과는 격벽보다 아래의 공간은 엔진룸에서 복사되는 직접파와 대지 반사파의 영향을 받지 않는 불감대임을 나타내는 것이다. 수동 변속기 차량과 차체의 구조가 동일함에도 자동 변속기 차량에서 전자파 레벨이 규정값 이상인 것은 격벽보다 낮은 공간에 전자파 복사원이 존재할 때 나타날 수 있는 현상이다. 이 전자파 복사원은 자동 변속기의 구동과 관련된 각종 장치들을 전기적으로 연결하는 전선들 중에서 실내를 통과하는 전선일 수 있음을 추정할 수 있다.

본 논문의 결과는 자동 변속기의 구동과 관련된 각종 장치를 연결하기 위한 배선 등의 설계에 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

2. 배경 이론

자동차의 엔진룸 내부에서 발생되는 전자파를 엔진룸 외부에서 측정하는 경우를 전파전파 이론에 의하여 나타내면 Fig. 1과 같다.²⁾

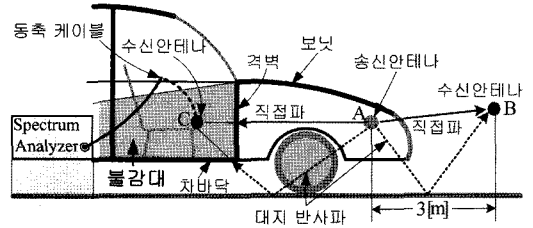


Fig. 1 Configuration for electro-magnetic waves propagation

Fig. 1에서 엔진룸 내부의 송신안테나 A는 무선 주파(radio frequency)를 복사하는 점화계통^{3,4)}을 하나의 송신안테나로 고려하여 나타낸 것이고, 수신안테나 B는 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC에 규정된 엔진룸에서 3m 떨어진 곳의 수신전력 측정을 고려하여 나타낸 것이다. 이때의 수신안테나 B는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 엔진룸에서 복사되는 직접파와 대지 반사파가 수신될 수 있기 때문에 수신안테나 B의 전계강도는 290MHz 대역에서는 $139.42\mu\text{V}/\text{m}$ 이하(전력 환산값: -81.93dBm)로 규정하고 있다.¹⁾ 본 논문에서는 규정값보다 약간 작은 -82dBm 을 기준 레벨로 설정하였다.

실내의 조수석 부근은 철판으로 된 격벽과 차바닥에 의하여 엔진룸에서 복사되는 전자파를 차폐(shield)하기 때문에 불감대로 된다. 따라서 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 엔진룸에 있는 송신안테나 A에서 복사된 직접파와 대지 반사파를 수신할 수 없는 불감대에 설치된 수신안테나 C의 수신전력은 수신안테나 B의 규정값인 -81.93dBm 보다 작아야 한다.

불감대에 설치된 수신안테나 C의 수신전력이 수신안테나 B에서 수신될 수 있는 규정값보다 크다면, 이 수신전력은 엔진룸 내의 송신안테나 A에서 복사된 직접파 또는 대지 반사파에 의한 것이 아니라 할 수 있다. 따라서 불감대인 조수석 부근에 설치된 수신안테나 C의 수신전력이 규정값보다 크다면 송신안테나 A와는 별도로 전자파를 복사하는 송신안테나가 조수석 부근에 존재하는 것으로 생각할 수 있다.

3. 측정 및 결과 분석

3.1 측정 장치의 설치

엔진룸에서 발생하는 전자파와 조수석 부근의 전

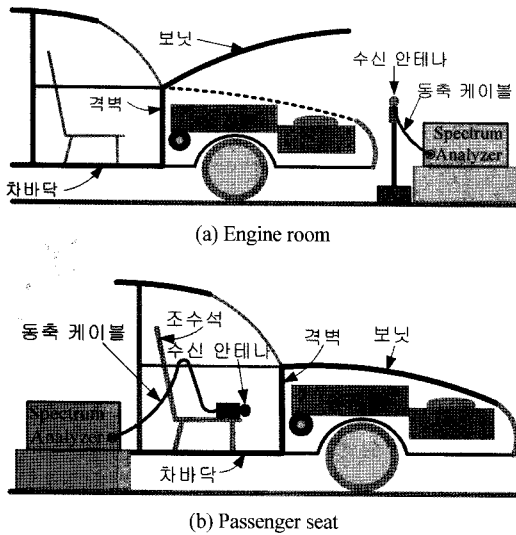


Fig. 2 Layout of measurement equipments

자파를 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 측정 장치를 설치하였다.

Fig. 2(a)와 같이 보닛을 열고 엔진룸에서 발생하는 전자파를 측정하는 것은 본 논문의 목적에 적합한 측정을 하기 위한 것이다. 즉, 판매된 승용차는 Fig. 1과 같이 엔진룸에서 3m 떨어진 곳에서 전자파의 세기는 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC의 규정값인 -81.93dBm 이하를 만족하고 있음을 전제로 한 것이다. 이 값을 이용하여 엔진룸에서 복사되는 전자파의 주파수 대역을 분석하면, 그 값이 작고 엔진룸에서 발생하는 전자파가 외부로 복사되는 것을 감소시키기 위한 보닛의 구조 등에 따라서 다소 차이가 있을 수 있기 때문에 신뢰도가 낮아질 수 있다. 조수석에서 측정하는 경우, Fig. 2(b)와 같이 보닛을 닫고 측정을 하는 것은 보닛을 열었을 때 엔진룸 주위로 복사된 강한 전자파가 유리창 등을 통하여 수신되는 것을 방지하기 위함이다.

측정용 안테나는 COMMISSION DIRECTIVE 95/54/EC 규정에 의한 평형형 반파장 공진 다이폴(balanced half wave resonant dipole)로 측정 대역을 고려하여 직접 제작한 것을 사용하였다.⁴⁾

3.2 측정 방법 및 측정 결과

측정 대상은 국내에서 생산된 4기통 엔진을 탑재한 차량으로 2003년에서 2005년에 제작되어 운행중

인 차량을 임의로 선정하였으며, 배기량은 $1300\text{cc} \sim 2000\text{cc}$ 이다. 전자파가 인체에 유해하다는 마스크의 발표 등과 관련하여 본 논문의 측정결과를 사용하는 경우 제조사의 차량 판매 등에 영향을 미칠 수 있기 때문에 차량의 모델명을 사용하지 않고 No.1 ~ No.6로 구분하기로 한다.

측정시 엔진의 구동 상태는 가속 페달을 사용하지 않은 1000rpm 이하의 공회전(idling) 상태이며, 엔진룸에서 복사되는 전자파의 주파수 대역과 세기에 대한 데이터를 얻기 위한 측정장치의 설치는 Fig. 2(a)와 같고, 실내의 조수석 부근에서 복사되는 전자파의 주파수 대역과 세기에 대한 데이터를 얻기 위한 측정장치의 설치는 Fig. 2(b)와 같다.

엔진룸과 실내의 조수석에서 각각 10회 이상 측정된 결과에서 스펙트럼의 주파수 대역의 변동은 약 1% (약 3MHz)이하, 전자파의 세기를 나타내는 진폭의 변동은 2dBm 이하이었다. 본 논문에서 제시한 데이터들은 10회 이상 측정된 결과에서 구한 평균에 가장 근접하는 결과를 제시한 것이다.

Fig. 3 ~ Fig. 5의 데이터는 수동 변속기 차량 3대의 측정 결과이며, 데이터의 종합적인 분석을 위하여 No.1 ~ No.3 차량으로 구분하기로 한다.

Fig. 3은 No.1 차량의 측정 결과이다.

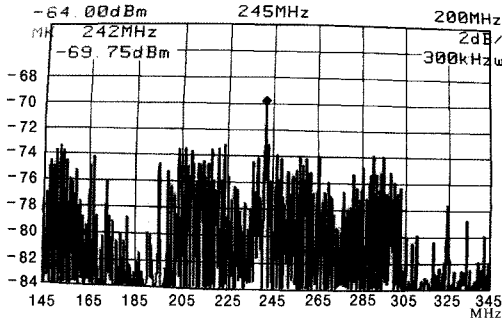
Fig. 3(a)의 결과에서 엔진룸에서는 강한 전자파가 복사되지만, 조수석의 측정결과인 Fig. 3(b)에서는 최대 레벨이 -83.05dBm 으로 기준 레벨 -82dBm 보다 작고, 스펙트럼 분포가 주로 -84dBm 이하이므로 측정 환경에 기인하는 열잡음(thermal noise)⁵⁾에 의한 것으로 고려할 수 있기 때문에 엔진룸과 조수석의 전자파는 상관관계가 없다고 할 수 있다.

Fig. 4는 No.2 차량의 측정 결과이다.

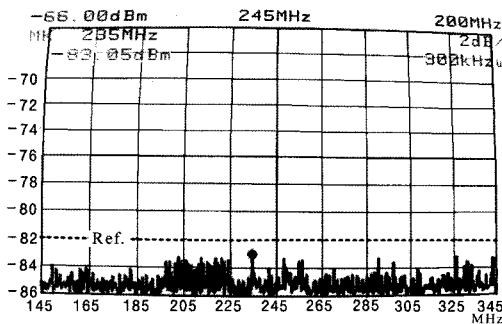
Fig. 4(a)의 결과에서 엔진룸에서는 강한 전자파가 복사되지만, 조수석의 측정결과인 Fig. 4(b)에서는 최대 레벨이 -86.60dBm 으로 기준 레벨 -82dBm 보다 작고, 스펙트럼 분포가 주로 -87dBm 이하이므로 측정 환경에 기인하는 열잡음에 의한 것으로 고려할 수 있기 때문에 엔진룸과 조수석의 전자파는 상관관계가 없다고 할 수 있다.

Fig. 5는 No.3 차량의 측정 결과이다.

Fig. 5(a)의 결과에서 엔진룸에서는 강한 전자파

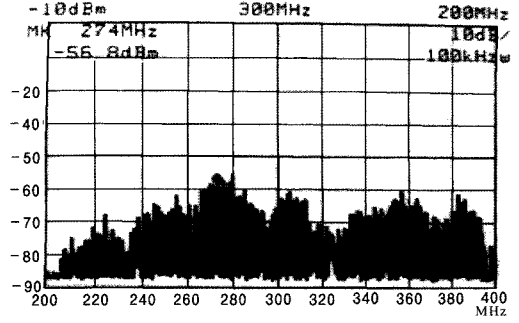


(a) Engine room

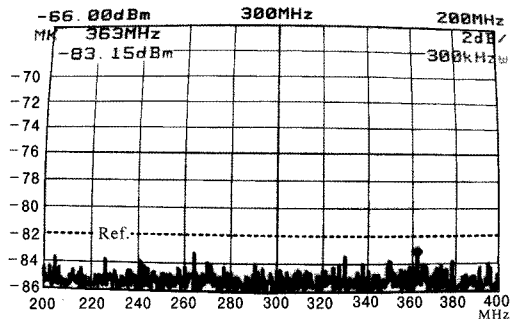


(b) Passenger seat

Fig. 3 Measured results for No.1 vehicle(M/T)

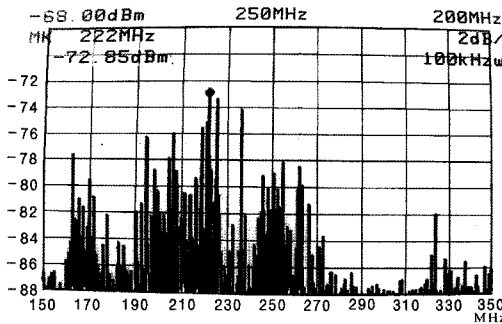


(a) Engine room

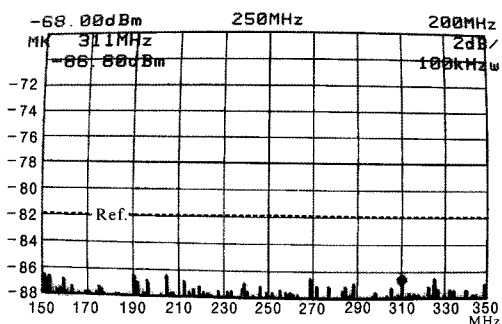


(b) Passenger seat

Fig. 5 Measured results for No.3 vehicle(M/T)



(a) Engine room



(b) Passenger seat

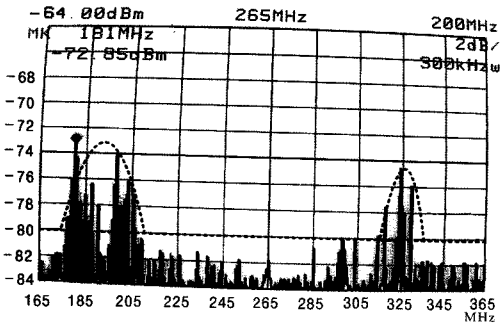
Fig. 4 Measured results for No.2 vehicle(M/T)

가 복사되지만, 조수석의 측정결과인 Fig. 5(b)에서는 최대 레벨이 -83.15dBm으로 기준 레벨 -82dBm보다 작고, 스펙트럼 분포가 주로 -84dBm이하이므로 측정 환경에 기인하는 열잡음에 의한 것으로 고려할 수 있기 때문에 엔진룸과 조수석의 전자파는 상관관계가 없다고 할 수 있다.

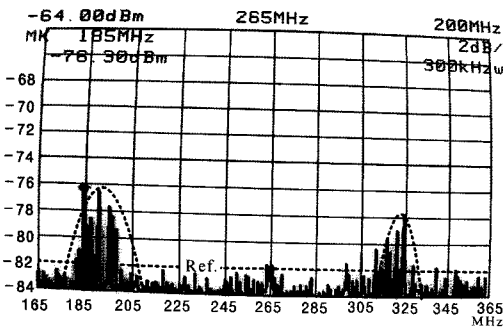
Fig. 4(b)의 열잡음 레벨이 Fig. 3(b)와 Fig. 5(b)보다 낮은 것은 Fig. 4(b)는 주위 온도가 낮은 동절기에 측정된 결과이고, Fig. 3(b)와 Fig. 5(b)는 주위 온도가 높은 하절기에 측정된 결과이기 때문이다. 즉, 스펙트럼 분석기(spectrum analyzer)가 받는 열잡음의 영향이라고 할 수 있다.⁶⁾

자동차 변속기 차량 3대의 측정 결과는 Fig. 6~Fig. 8과 같으며, 차종은 No.4~No.6로 구분하기로 한다. Fig. 6은 No.4 차량의 측정 결과이다.

Fig. 6(b)에서 조수석 부근의 전자파의 세기는 기준 레벨로 설정한 -82dBm보다 큰 성분들이 존재하고, 그 주파수 대역은 대략 175~210MHz와 310~330MHz 대역이다. 주파수 대역의 상관관계를 비교하기 위하여 포락선을 그리면 Fig. 6에 나타난 바와



(a) Engine room



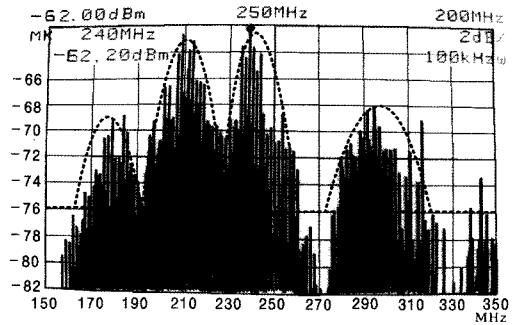
(b) Passenger seat

Fig. 6 Measured results for No.4 vehicle(A/T)

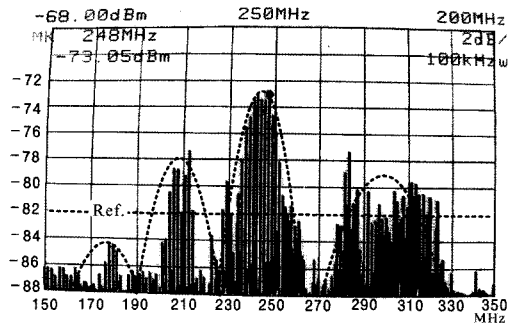
같으며, Fig. 6(a)에 나타낸 바와 같이 전자파의 세기가 -80dBm 이상인 주파수 대역은 대략 $175\sim 210\text{MHz}$ 와 $310\sim 330\text{MHz}$ 대역으로 조수석에서 측정된 대역과 일치하고 있다. 즉 Fig. 6(a)의 포락선을 조수석에서 측정된 결과에 이동시켜 나타내면 Fig. 6(b)에 나타낸 포락선과 일치함을 알 수 있다. 이러한 고찰에서 No.4 차량은 엔진룸과 조수석에서 측정된 주파수 대역이 일치하고, 그 세기만 4dBm 정도 작기 때문에 조수석의 전자파는 엔진룸 내에서 발생하는 전자파와 관계가 있다고 할 수 있다.

Fig. 7은 No.5 차량의 측정 결과이다.

Fig. 7(b)에서 조수석 부근의 전자파 세기는 기준 레벨 -82dBm 보다 큰 성분들이 대략 $200\sim 215\text{MHz}$, $230\sim 26\text{MHz}$, $280\sim 320\text{MHz}$ 대역이다. Fig. 7(a)의 엔진룸에서 복사되는 전자파의 측정 결과에서 전자파의 세기가 -76dBm 이상인 주파수 대역은 대략 $160\sim 195\text{MHz}$, $195\sim 230\text{MHz}$, $230\sim 260\text{MHz}$, $275\sim 320\text{MHz}$ 대역임을 알 수 있으며, 조수석에서 발생하는 대역과 비교하기 위하여 포락선을 그리면 Fig. 7(a)와 같이 된다. Fig. 7(a)의 포락선을 조수석에서



(a) Engine room



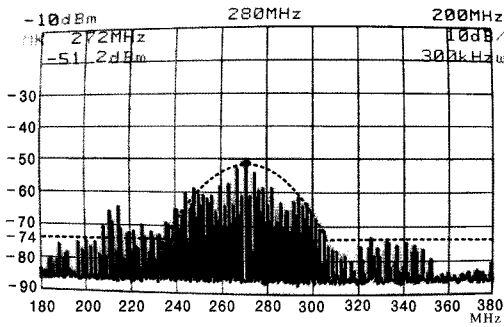
(b) Passenger seat

Fig. 7 Measured results for No.5 vehicle(A/T)

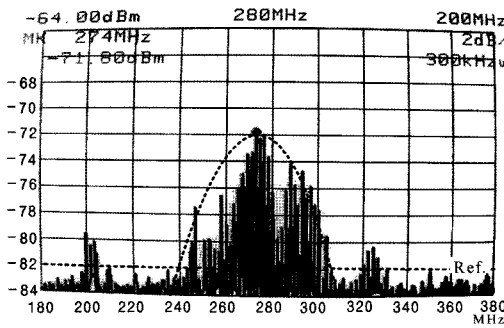
측정한 결과에 이동시켜 나타내면 Fig. 7(b)에 나타낸 바와 같이 되어 엔진룸에서 복사되는 전자파의 대역과 조수석에서 측정된 전자파의 대역이 대체로 일치함을 알 수 있다. 그러나 No.4 차량과 다른 점은 각 주파수 대역에서 전자파의 감소가 일정하지 않다는 점이다. 즉, $160\sim 195\text{MHz}$, $195\sim 230\text{MHz}$ 대역에서는 16dBm (약 49.8배) 정도 감소하고, $230\sim 260\text{MHz}$, $275\sim 320\text{MHz}$ 대역에서는 11dBm (약 12.6 배) 정도 감소한다. 이러한 현상은 주파수에 따른 전선의 감쇠 특성이 변화할 수 있음⁷⁾을 고려하면, 이 결과 또한 조수석의 전자파는 엔진룸 내에서 발생하는 전자파와 관계가 있다고 할 수 있다.

Fig. 8은 No.6 차량의 측정 결과이다.

Fig. 8(b)에서 조수석 부근의 전자파의 세기는 기준 레벨인 -82dBm 보다 큰 성분들이 존재하고, 그 주파수 대역은 대략 $200\sim 205\text{MHz}$, $245\sim 305\text{MHz}$, $320\sim 330\text{MHz}$ 대역이다. Fig. 8(a)의 엔진룸에서 복사되는 전자파의 측정 결과에서 전자파의 세기가 -74dBm 이상인 주파수 대역은 대략 $200\sim 220\text{MHz}$, $235\sim 305\text{MHz}$, $320\sim 340\text{MHz}$ 대역으로 Fig. 8(b)의



(a) Engine room



(b) Passenger seat

Fig. 8 Measured results for No.6 vehicle(A/T)

대역을 포함하고 있지만, 비교 주파수 대역은 그 세기가 큰 245 MHz~305MHz 대역만을 고려하기로 한다. 왜냐하면, 엔진룸에서 발생하는 전자파의 최대값은 -51.2 dBm이고 조수석에서 측정된 전자파의 최대값은 -71.6dBm이므로 대략 20dBm(약100배)의 차이가 있어서 측정 감도를 다르게 설정하여 측정하였기 때문이다. 즉, Fig. 8(a)는 계측기의 입력 측에 감쇠기를 사용한 경우이므로 중심주파수와 먼 주파수에서는 그 감쇠가 다르다는 점을 고려한 것이다.

전자파의 세기가 큰 235~305MHz 대역의 포락선만을 고려하여 보면, Fig. 8에 나타난 바와 같이 포락선이 상당히 일치하고 있다. 따라서 조수석의 전자파는 엔진룸 내에서 발생하는 전자파와 관계가 있다고 할 수 있다.

3.3 측정 결과 고찰

Fig. 3~Fig. 8의 측정 결과를 종합적으로 고찰하기 위하여 엔진룸과 조수석에서 복사되는 전자파의 최대 레벨, 조수석에서 복사되는 전자파의 최대 레

벨과 기준 레벨(-82dBm)과의 차, 엔진룸에서 측정된 전자파 대역과 조수석에서 측정된 전자파 대역의 관계 유·무를 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1 Comparison of maximum electro-magnetic wave level and frequency band

(단위:dBm)

구분	엔진룸	조수석	레벨차	대역 관계	
수동	No.1	-69.75	-83.05	-1.05	무
	No.2	-72.85	-86.60	-4.60	무
	No.3	-56.8	-83.15	-1.15	무
자동	No.4	-72.85	-78.30	+3.70	유
	No.5	-62.20	-73.05	+8.95	유
	No.6	-51.2	-71.80	+11.2	유

Table 1에서 수동 변속기인 No.1 차량의 엔진룸에서 전자파 레벨은 -69.75dBm이고 No.3은 -56.8 dBm으로 No.3 차량이 No.1 차량보다 13.05dBm(약 20배)크지만 조수석에서 전자파 레벨은 거의 같으며, 조수석의 레벨은 기준 레벨보다 1.05~4.60dBm(약1/3~3/4배)작다. 또한 엔진룸과 조수석에서 측정된 전자파의 주파수 대역 사이에는 연관성이 없다. 이러한 사항들은 조수석과 같이 격벽과 인접한 영역은 엔진룸에서 복사되는 직접파와 대기 반사파의 영향을 받지 않는 불감대임을 증명하는 것이다.

자동 변속기 차량인 경우 엔진룸에서 복사되는 전자파 레벨이 증가하면 조수석에서 전자파 레벨 또한 증가하고 있음을 알 수 있으며, 조수석에서 전자파 레벨은 기준 레벨보다 3.70~11.2dBm(약2.3~13.2배)크다. 또한 엔진룸에서 측정된 전자파의 주파수 대역과 조수석에서 측정된 주파수 대역은 거의 일치하거나 유사하여 엔진룸에서 발생하는 전자파와 조수석에서 복사되는 전자파 사이에는 연관성이 있음을 알 수 있다.

특히 수동 변속기인 No.2 차량과 자동 변속기인 No.4 차량은 엔진룸에서 복사되는 전자파 레벨은 같지만 조수석에서 전자파 레벨은 No.4 차량이 No.2 차량보다 8.30dBm(약6.8배) 크다. 또한 수동 변속기인 No.2 차량과 자동 변속기인 No.5 차량은 동일한 차종이기 때문에 차체의 구조는 동일하지만 엔진룸에서 복사되는 전자파 레벨은 자동 변속기인 No.5 차량이 No.2 차량보다 10.65dBm(약11.6배)크

다. 특히, 조수석의 전자파 레벨은 13.55 dBm(약22.6 배)크다. 이러한 현상은 전자파 복사원이 존재할 때 나타날 수 있기 때문에 조수석 부근에는 별도의 전자파 복사원이 존재한다고 할 수 있다.

자동 변속기 차량은 수동 변속기 차량과 비교할 때, 자동 변속기의 구동과 관련된 TCU, 엔진의 구동 상태 등을 감지하기 위한 각종 센서 등의 장치와 각 장치들 사이의 전기적인 신호를 송·수신하기 위하여 보다 많은 케이블(cable) 추가된다. 따라서 추가된 케이블 중에는 도선 안테나(wire antenna)로 작용하는 전선이 존재하고, 안테나로 작용하는 케이블이 엔진룸에서 실내를 통과하기 때문에 조수석 부근에서 규정값보다 큰 레벨의 전자파가 측정되는 것이라고 할 수 있다.

이상의 고찰을 전송선로(transmission line) 이론⁷⁾을 적용하여 고려하면, 자동 변속기 차량에는 Fig. 9와 같이 동작하는 케이블이 있음을 추정할 수 있다.

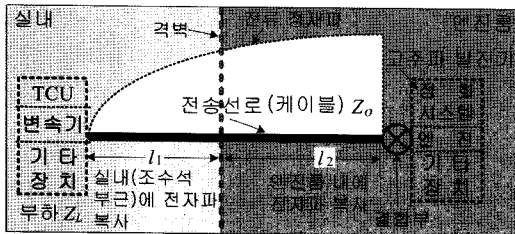


Fig. 9 Transmission line terminated in a load impedance

Fig. 9에서 점화 시스템은 고주파 발전기, 점화 시스템과 엔진의 동작 등을 감지하는 각종 센서 등은 교류적인 결합부, 점화 시스템과 엔진의 동작 상태 등의 신호를 자동 변속기 구동과 관련된 장치(TCU/변속기/기타장치)로 보내기 위한 케이블은 전송선로, 자동 변속기 구동과 관련된 장치(TCU/변속기/기타장치)는 부하로 각각 대응시킬 수 있다. 이러한 대응에 대하여 전송선로 이론을 적용하여 해석하면, 전송선로의 특성 임피던스 Z_0 와 부하 임피던스 Z_L 의 값이 다른 경우($Z_0 \neq Z_L$)에는 임피던스 부정합에 의하여 전송선로(케이블)에는 Fig. 9에 나타낸 바와 같은 전류 정재파(standing wave)가 발생하기 때문에 케이블은 전자파를 복사하는 전자파 복사원(안테나)이 된다. 이러한 케이블에서 실내에 위치한

l_1 부분에서는 실내(조수석 부근)로 전자파를 복사하기 때문에 조수석 부근에서 기준 레벨보다 큰 전자파가 측정된 것으로 추정할 수 있으며, l_2 부분은 엔진룸 내로 전자파를 복사하기 때문에 동종의 차량일지라도 자동 변속기 차량이 수동 변속기 차량보다 엔진룸에서 큰 전자파가 발생하는 것으로 추정할 수 있다.

4. 결론

불꽃 점화 엔진을 탑재한 승용차 실내의 공간을 전파진파 이론에 근거할 때 격벽보다 낮은 공간은 엔진룸에서 복사되는 직접파와 대지 반사파의 영향을 받지 않는 불감대임을 조수석 부근에서 전자파를 측정하여 확인하였다.

또한 조수석 부근이 직접파와 대지 반사파의 영향을 받지 않는 불감대에서는 강한 전자파가 존재할 수 없음에도 불구하고 자동 변속기 차량인 경우 강한 전자파가 측정된다는 점에서 자동 변속기 차량의 실내에는 전자파 복사원이 존재하고 있음과 동종의 차량에서 엔진룸에서 복사되는 전자파 레벨이 자동 변속기 차량이 수동 변속기 차량보다 훨씬 크다는 점에서 자동 변속기 차량에는 수동 변속기 차량보다 전자파를 복사하는 복사원이 더 많음을 확인할 수 있었다.

실험 결과에 대한 고찰을 전송선로 이론에 근거하여 자동 변속기 차량의 실내와 엔진룸에서 전자파 레벨이 수동 변속기 차량보다 큰 것은 자동 변속기를 구동시키기 위한 각종 장치를 전기적으로 연결하는 케이블임을 추정하였다.

본 논문은 자동 변속기 차량에서 전자파를 감소시키기 위한 설계를 하는 경우, 자동 변속기와 관련된 케이블의 배치 등과 관련한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

References

- 1) Council Directive 95/54/EC, Official Journal of the European Communities, No. L.266, pp.1-64, 1995.
- 2) S. A. Balanis, Antenna Theory, John Wiley &

- Sons, New York, pp.162-195, 1997.
- 3) 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," Transactions of KSAE, Vol.12, No.1, pp.201-215, 2004.
 - 4) G. J. Choe, S. G. Jho, W. L. Jeung, S. K Jang, S. H. Kang and S. W. Han, "Analysis of Electro-magnetic Wave for the 815 ~ 865MHz and 900 ~ 950MHz Bands in a Cabin of Auto-mobile," Transactions of KSAE, Vol.14, No.1, pp.176-182, 2006.
 - 5) M. Schwartz, Information Transmission, Modulation and Noise, McGraw-Hill, New York, pp.415-433, 1980.
 - 6) R4131 Series Spectrum Analyzer Instruction Manual, Advantest Corporation, Tokyo, 1988.
 - 7) S. Y. Liao, Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp.8-33, 1997.