

차량용 액티브 안테나의 EMI 측정방법에 관한 연구	정기범 · 박현우* · 신재곤** · 최재훈
	한양대학교, *르노삼성자동차, **자동차성능시험연구소

I. 서 론

최근 IT 산업기술의 발전으로 전자회로가 고밀도화, 고속화, 경량화 됨에 따라 발생할 수 있는 전자파장해의 문제를 해결하기 위한 연구가 지속적으로 활발하게 진행되고 있다. 뿐만 아니라 공통의 전자파장해 기준을 마련하기 위한 국제기구(IEC, CISPR) 활동에 매우 적극적으로 참여, 의견을 제시함으로써 자국에 유리한 공통 기준을 도출하려고 노력을 기울이고 있다. 이에 반해 국내에서는 체계적이고 효율적인 연구 및 기술기준의 개발 노력이 미흡한 실정이다. 최근 개발되는 자동차들은 초기의 자동차와는 달리 차량 전체의 50% 이상이 전자회로(부품)을 이용하고 있고, 차량내 무선 통신기기의 사용이 증가되고 있어 이에 따른 전자파 간섭 문제가 매우 중요하게 부상하고 있다. 뿐만 아니라 차량의 고급화에 따라 많은 차량에서 채택되고 있는 능동 안테나의 증폭기에서 발생하는 잡음이 차량에 탑재된 통신시스템에 미치는 영향과 차량의 전자파 장해 측정에 있어서 어떤 영향을 미치는지, 그리고 서로 다른 형태의 능동안테나에 적용할 수 있는 EMI 측정 방법, 측정 기준 등을 어떻게 정할 것인가 하는 문제가 중요한 현안으로 대두되고 있다. 오늘날 자동차 안테나의 시스템은 정보통신기술의 발달로 인하여 점차 능동화 및 다양화되고 있는 실정이다. 액티브 안테나는 자동차에서 사용하던 패시브 안테나의 일반적인 문제점을 극복하고 열악해지는 주파수 환경에서

좀 더 양질의 전파수신을 위하여 다양한 형태로 차량에 적용되는 추세가 급격하게 늘어나고 있다. 또한 소비자의 다양한 욕구를 충족시키기 위하여 차량용 인터넷, TV 수신, Navigation system, DMB, Telematics 등 새로운 용도로서의 차량용 안테나를 요구하고 있는 실정이다. 이러한 흐름에 맞추어 CISPR (국제전자파장해특별위원회)에서도 AM/FM 방송수신용 액티브 안테나 적용시 시험방법의 정당성, 기술적 근거 등에 대하여 활발한 검토가 진행되고 있다. 국내에서도 이러한 국제적 움직임에 능동적으로 대처하기 위해서는 CISPR 회원 각국에서 제·개정을 요구하는 사항에 대한 기술적인 검증, 국내 환경에서의 적합성에 대한 빠른 검토가 요구된다. 액티브 안테나의 잡음층에 대해 실제로 차량에서의 실험과 고찰을 통하여 CISPR 제안 사항에 대한 적합성, 제한치의 타당성을 분석하고, 국내 환경에 적용할 경우의 문제점을 도출하여 국내 환경에 맞는 표준안을 제시하고자 한다. 향후 차량용 액티브 안테나 발전 방향을 고려하여 이들에 대한 시험방법을 제안하고자 한다.

II. 본 론

본 연구에서는 크게 두 가지 관점에 대하여 접근을 하였다. 첫번째는 CISPR 25 시험방법의 정확한 분석 및 해석을 통한 차량용 액티브 안테나의 재현 가능한 시험방법 도출이다. 두번째는 액티브 안테나

「본 연구는 전파연구소 EMC기준전문위원회의 연구비 지원으로 수행되었음.」

의 증폭기단의 영향에 의한 noise 및 signal 상승현상에 관한 limit 적용의 타당성 검토이다. 먼저 CISPR 25 시험방법의 정확한 분석 및 해석을 통한 액티브 안테나 실차 시험방법의 신뢰성과 재현성을 확보하기 위하여 본 연구에서는 CISPR 25의 scan rate에 대한 명확한 step을 측정을 통하여 시험방법을 제안하였다. 액티브 안테나 증폭기단 영향에 따른 기준 limit 적용 여부의 타당성 검토를 위하여 ambient noise와 signal noise 상승현상을 관찰하였으며 이러한 상승현상을 재현성 있게 측정하기 위하여 새로운 측정방법을 제시하였다. 또한 상승현상이 limit 적용에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 분석을 병행하였다.

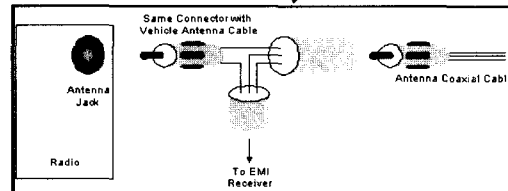
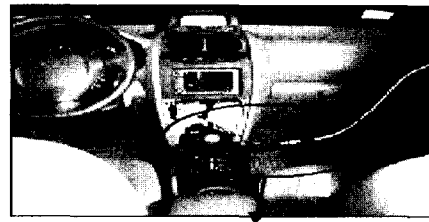
2-1 CISPR 25 실차장착 시험의 특성 분석

기존의 실차 장착 액티브 안테나 시험에 있어서 CISPR 25에서는 주파수별 scan rate를 정의하고 있다. <표 1>은 CISPR 25에 정의하고 있는 최대 scan rate를 보여주고 있다.

<표 1>에서 보는 바와 같이 대역별 측정 scan rate가 명확하게 정의가 되어 있지 않다. 이러한 불명확성으로 인해 실차 시험시 시험자의 판단에 의해 시험을 시행하고 있으며 그 시험에 대한 재현성 확보와 신뢰성 확보에 많은 차이가 나타나고 있는 현실이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 액티브 안테나 실차 시험에 대한 표준 시험방법을 제안하고 그에 따른 시험 결과를 분석하여 측정의 재현성과 신뢰성을 확보하였다. 기존의 CISPR 25 단품 시험방

<표 1> CISPR 25의 최대 scan rate

Band	Peak (ms/MHz)	QP (s/MHz)	Ave. (ms/MHz)
A 9 kHz to 150 kHz	-	-	-
B 0.15 kHz to 30 MHz	100	200	-
C, D 30 MHz to 1,000 MHz	1 or 100	20	500



[그림 1] 안테나 동축 케이블의 접지 방법

법과 동일하게 조건을 설정하고 주파수 대역폭에 따른 scan rate 변화에 대한 영향을 평가한다. [그림 1]은 측정을 위하여 액티브 안테나와 라디오 하우징 간의 접지방법을 나타낸 것이다.

[그림 1]에서 안테나와 측정장비의 연결에 있어서 차량의 안테나 커넥터는 차량에 장착된 라디오 하우징에 접지를 하고 라디오 하우징은 차체와 실제의 하네스(또는 브라켓)에 의해 접지가 된다. 측정시 표면전류에 의한 수신 전자파의 왜곡을 억제하기 위해 측정용 EMI 수신기의 연결단에 페라이트링을 채운 이중 쉴드 케이블을 이용한다.

Scan rate의 변화를 통해 측정의 재현성 및 신뢰성



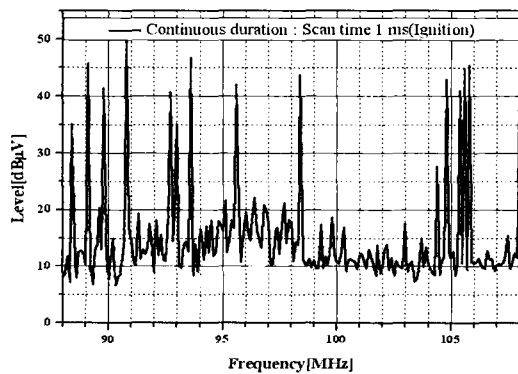
[그림 2] 실제 액티브 안테나 측정 장면 (KATRI 전자파 시험동)

을 확보하기 위하여 다음과 같이 측정을 수행했으며 [그림 2]는 측정환경을 나타내고 있다.

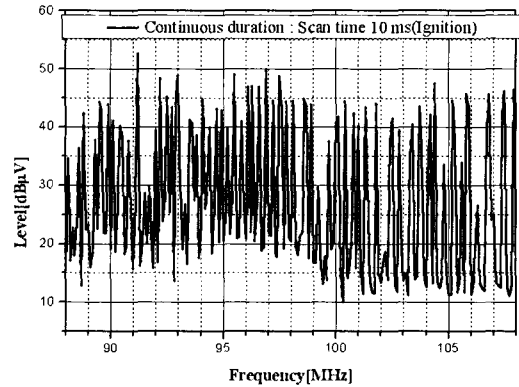
[그림 2]는 자동차성능시험연구소(KATRI)의 자동차 챔버에서 실차 시험을 하는 모습을 나타내고 있다. 측정의 재현성 확보를 위한 최종 주파수 step과 scan rate를 도출하기 위하여 먼저 적용 주파수는 88 ~ 108 MHz, 측정모드는 peak와 QP, scan time은 1 ms, 10 ms, 100 ms, 500 ms, 1 s, 2 s 등으로 순차적으로 증가를 시켰다. 주파수 step은 100 kHz로 고정하였다. 또한 실차 측정모드는 CISPR 25 시험방법과 동일하게 광대역 연속모드는 Ignition On 상태에서 1500 rpm을 유지시키고 쿨링 팬에 대한 노이즈를 제거하기 위하여 팬 동작의 relay를 단락시켰다. 또한 협대역 측정 조건은 Ignition On 모드로 측정을 하였다.

[그림 3]은 Broadband 연속주기(150 rpm)의 scan time이 1 ms 일 때 측정 결과이다. 차량은 D사의 M 모델을 선정하였다. [그림 4]는 광대역 연속주기 scan time 10 ms peak 모드에서 측정한 결과이다.

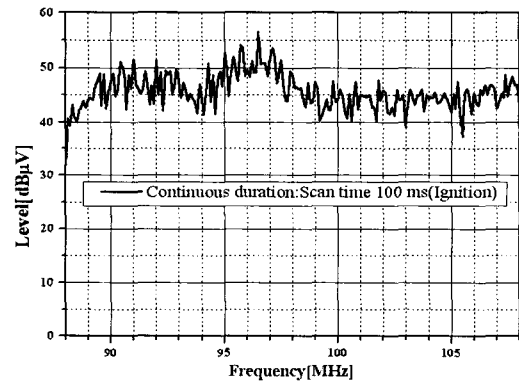
Scan time이 증가할수록 측정결과가 상이하게 나타나고 있다. 이러한 증상이 발생하게 되면 측정의 재현성이 확보가 되지 않는다. 따라서 scan time을 증가시켜 재현성이 확보되는 scan time을 찾아야 한다. [그림 5]는 광대역 연속주기 100 ms 측정결과를 나타낸다.



[그림 3] 광대역 연속주기 1 ms 측정결과



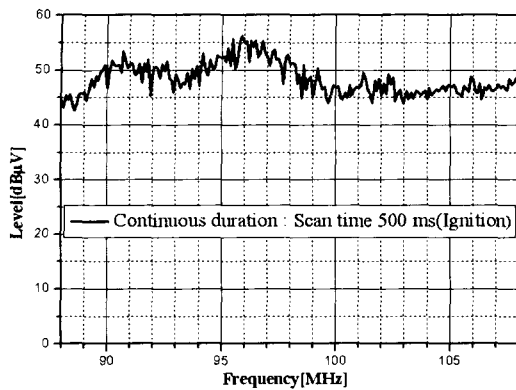
[그림 4] 광대역 연속주기 10 ms 측정결과



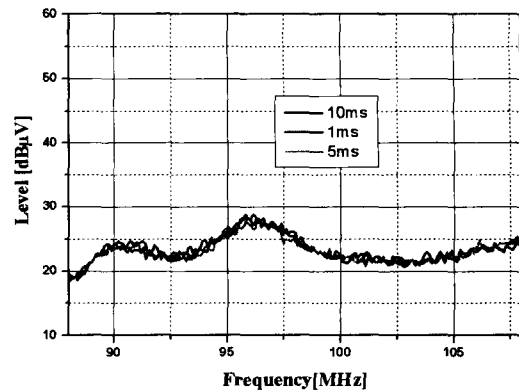
[그림 5] 광대역 연속주기 100 ms 측정결과

[그림 3]과 [그림 5]를 비교하면 많은 부분이 상이하다는 것을 알 수 있다. 즉, scan time을 적절히 설정하지 못하면 많은 신호성분을 검출하지 못하는 결과를 초래한다. 따라서 본 연구에서는 scan time을 더 증가시켜 측정을 하였다. [그림 6]은 광대역 연속주기 500 ms 측정결과를 나타낸다.

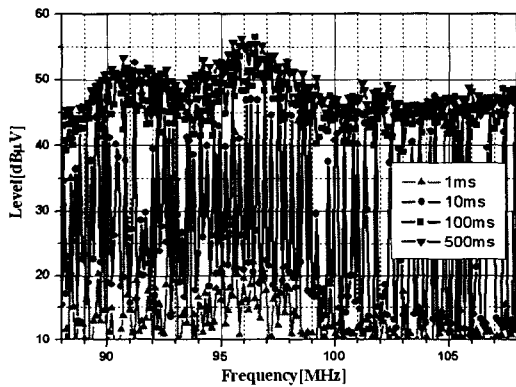
[그림 6]과 [그림 7]의 결과를 보면 scan time 500 ms에서 포화가 발생함을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 광대역 연속주기의 실차 액티브 안테나 시험방법에 있어서 scan time을 적어도 500 ms 이상 유지하여야 재현성 및 측정의 신뢰성을 확보할 수 있다. 또한 scan time을 다시 증가시켜 500 ms에서 확실한 포



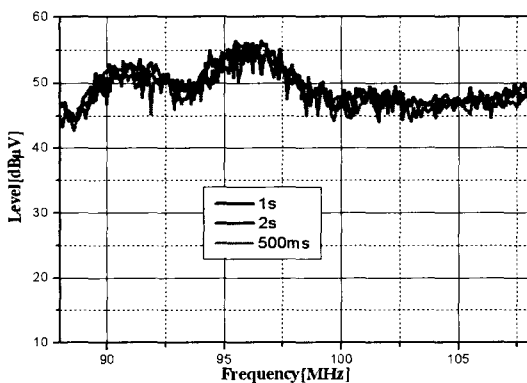
[그림 6] 광대역 연속주기 500 ms 측정결과



[그림 9] 광대역 연속주기 QP 측정결과



[그림 7] 광대역 연속주기 scan time 변화에 따른 측정결과



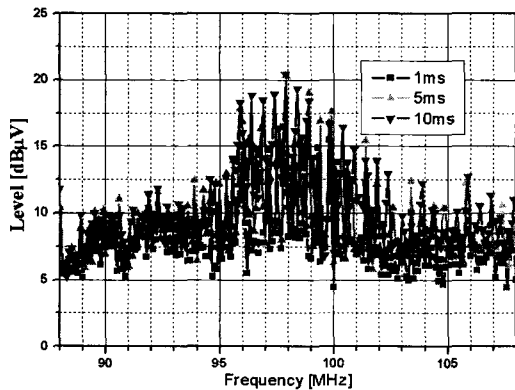
[그림 8] 광대역 연속주기 scan time 검증 측정결과

화가 발생하는지에 대한 검증이 필요하다.

[그림 8]에서 보는 바와 같이 scan time을 500 ms, 1 s, 2 s 이상 유지시켜도 거의 같은 결과를 나타낸다. 따라서 scan time이 적어도 500 ms 이상 유지되어야 한다. CISPR 25에는 이러한 상세한 측정방법에 대한 언급이 없다. 측정조건에서 주파수 스텝은 100 kHz로 일정하게 유지하였다. [그림 9]는 동일한 측정 방법을 이용하여 QP 모드로 측정한 결과이다.

[그림 9]에서 알 수 있듯이 QP 모드에서 scan time의 변화에 대한 측정결과는 크게 다르지 않음을 알 수 있다. [그림 9]의 결과로부터 peak 모드의 결과가 유효하다는 결론을 얻을 수 있다. 동일한 노이즈 신호가 동일한 결과를 얻을 수 있기 때문에 peak 모드의 scan time은 500 ms 이상 유지되어야만 측정의 신뢰성과 재현성을 확보할 수 있다. [그림 10]은 협대역에 대한 측정결과를 나타내고 있다.

[그림 10]에서 알 수 있듯이 협대역 Ignition On 모드의 측정 결과 scan time이 10 ms 이상 유지되어야 측정의 재현성 및 신뢰성을 확보할 수 있다. 결과적으로 실차 장착 액티브 안테나의 시험에 따른 특성 분석에 있어서 CISPR 25에 언급하지 않았던 부분에 대한 명확한 결과를 도출하였다. 실제 측정에서 이러한 측정의 명확한 정의의 부족으로 심각한 측정



[그림 10] 협대역에 대한 scan time 변화에 따른 측정 결과

결과의 오류를 일으킬 수 있으므로 이러한 실험결과는 의미 있는 일이다. 또한 국내 각 자동차 제작사의 EMC 측정 담당자가 배석한 가운데 실험이 진행되어 측정결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있었다.

2-2 Ambient noise 측정 방법 및 결과

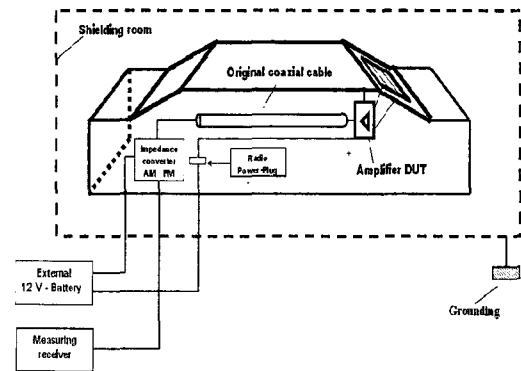
실차 시험에서 액티브 안테나를 사용하면 noise floor는 상승할 것이다. 따라서 vehicle-radiated 장애의 limit 적용에 대한 CISPR 25의 "Table 5"의 값을 바로 적용하는 것은 무리가 있다. CISPR 25는 이러한 문제로 인해 식 (1)과 같이 정의하고 있다.

$$U_{realDisturbance} = \sqrt{U_{Measured}^2 - U_{Antnoise}^2} \quad (1)$$

여기서, $U_{Antnoise}$ 는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$U_{Antnoise} = \sqrt{U_{equip\ and\ antenna\ noise}^2 - U_{equip\ noise}^2} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 순수한 증폭단의 입력과 출력에 대한 노이즈 상승현상을 관찰해야 하는데 장비에 대한 영향과 정합 회로의 영향을 함께 평가를 하였다. 여기서 문제점이 발생할 수 있다는 것이 본 연구와 다른 점이다. [그림 11]은 Ambient noise 측정 조건을 나타낸 것이다.



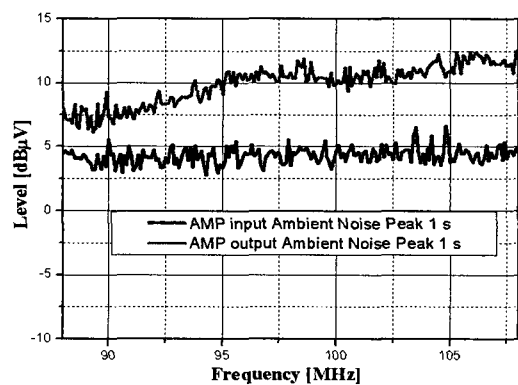
[그림 11] Ambient noise 측정 방법

본 연구에서는 증폭단의 입력과 출력에 대한 순수한 액티브 안테나의 Ambient noise 상승현상만을 관찰해야 패시브 안테나의 실험 조건과 같은 결과를 나타낼 수 있으므로 식 (2)에 대한 평가를 식 (3)과 정의하였다.

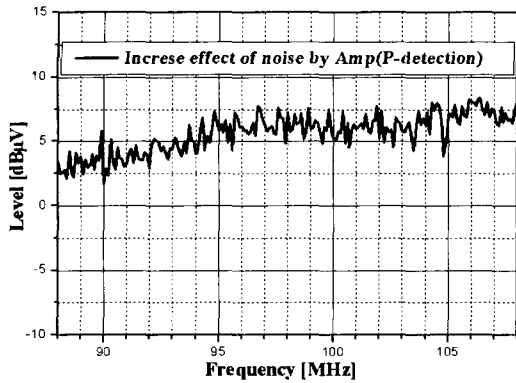
$$U_{Antnoise} = \sqrt{U_{AmpOutput}^2 - U_{AmpInput}^2} \quad (3)$$

식 (3)의 결과를 가지고 액티브 안테나의 CISPR 25 limit를 적용해야 한다.

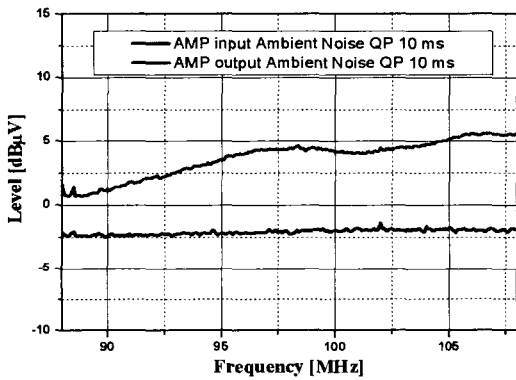
[그림 12]는 Ambient noise의 측정결과를 나타내고 있다. 여기서 배터리는 차량용 배터리를 쓰지 않고 [그림 11]과 같이 외부 배터리를 사용하였다.



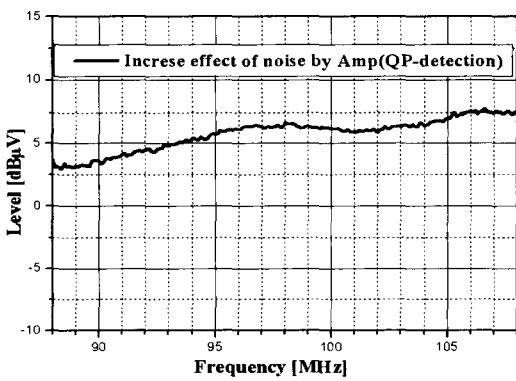
[그림 12] Amp의 노이즈 상승에 대한 측정결과(Peak)



[그림 13] Amp의 노이즈 상승효과

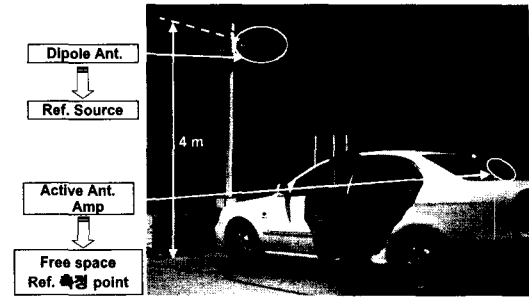


[그림 14] Amp의 노이즈 상승에 대한 측정결과(QP)



[그림 15] Amp의 노이즈 상승효과

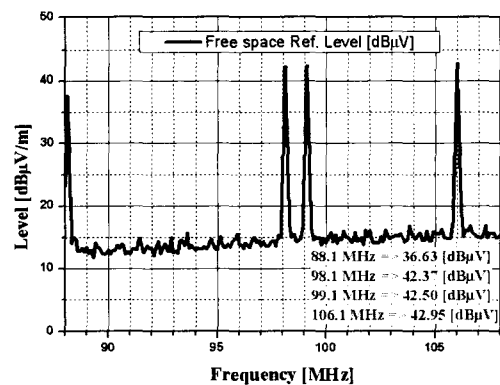
[그림 12]의 측정결과에 대해서 노이즈 상승효과



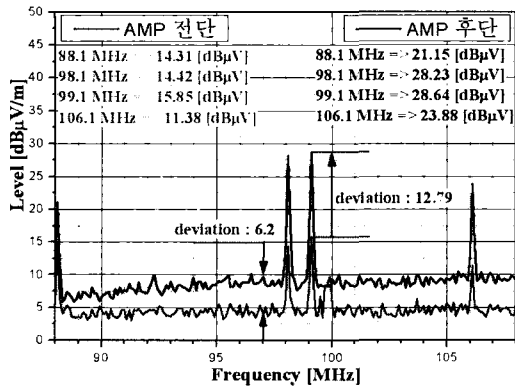
[그림 16] 액티브 안테나 Amp의 노이즈 상승현상을 측정하기 위한 측정 시스템

의 정도를 나타낸 것이 [그림 13]이다. 또한 [그림 14]에 대해 상승효과분을 나타낸 것이 [그림 15]이다. 이러한 결과를 바탕으로 실제적인 노이즈 상승현상을 관찰하기 위하여 새로운 측정 방법을 제안하였다. 즉, 노이즈의 상승현상을 재현성 있게 확보하기 위하여 외부에서 일정한 소스원을 발생하여 그 현상을 측정하였다. [그림 16]은 측정환경을 보여주고 있다.

[그림 16]에서 다이폴 안테나가 외부 Ref. 소스원이 되고, 높이는 4 m로 유지하여, 증폭기의 입력단과 출력단에 대해 각각 측정한다. 또한 차량을 제거한 상태에서 Amp가 위치해 있는 공간에 대한 Ref. 소스원의 필드가 어느 정도 유지되는지를 측정한다.



[그림 17] 자유공간의 Ref. Level 측정결과



[그림 18] 액티브 안테나 Amp의 입력과 출력에 대한 노이즈 상승현상 측정결과

[그림 17]은 자유공간에서 액티브 안테나가 위치해 있는 공간의 level를 측정된 결과이다. 이 결과를 바탕으로 노이즈의 상승현상에 대해 관찰이 필요하다. 또한 중요한 사실은 노이즈 floor만 상승하는 것이 아니고 신호원 또한 상승한다는 것이다. [그림 18]은 액티브 안테나의 앰프 입력과 출력에 대한 노이즈 상승현상의 측정결과를 나타낸 것이다.

[그림 18]에서 외부 소스원은 88.1 MHz, 98.1 MHz, 99.1 MHz, 106.1 MHz에 대해 Signal Generator를 이용하여 신호를 인가하였다. 결과적으로 노이즈 floor의 상승보다 신호의 상승이 더 크다는 것을 알 수 있다. 노이즈의 상승의 편차는 6.2 dBuV/m, 신호의 상승 편차는 12.79 dBuV/m가 된다. 신호의 상승 폭이 2배 이상 됨을 알 수 있다. 노이즈 floor에 대한 상승분에 대한 효과보다 신호의 상승분에 대한 효과가 더 크므로 식 (3)을 적용할 때 [그림 18]을 적용하여야 한다. 즉 신호에 대한 상승분을 CISPR 25 limit에 보상을 해주어야 한다. 식 (3)을 이용하여 식 (1)을 적용하여야 한다. 여기서 안테나 형태에 따라 측정 전에 반드시 Ref. signal noise 레벨을 측정하여 real disturbance에 반영을 해야 한다. 이러한 절차를 거쳐야 액티브 안테나 noise 상승에 대한 영향을 최

소할 수 있다. 또한 각 차량마다 액티브 안테나에 사용하는 Amp 특성이 다르므로 액티브 안테나가 limit를 초과하는 경우 그에 따른 적절한 EMC 대책이 필요하다.

III. 결 론

CISPR 25에 제시된 시험 방법에 따른 차량용 능동안테나의 EMI 시험에 있어서 scan rate의 정확한 정의가 부족하여 측정의 재현성을 확보할 수 없었다. 또한 암잡음에 대한 측정 방법이 명확하지 않고 노이즈의 상승뿐만 아니라 신호 레벨 또한 상승한다는 사항을 전혀 고려하지 않고 있다. 따라서 본 고에서는 CISPR 25의 실차장착 시험에 따른 scan rate 및 암잡음(Ambient noise) 정의를 통하여 다양한 측정 모드에서 실차 측정을 통해 대역폭에 따른 명확한 주파수 step 및 scan rate를 제안하였다. 또한 Ambient 노이즈와 signal 노이즈를 분석하여 실제 측정에서 액티브 안테나 증폭단에 상승 효과를 주는 것은 signal이 더 큰 영향을 준다는 사실을 도출하였다. 이러한 결과를 통해 새로운 시험방법 및 제한치 적용시 대안 방법과 보상 방법의 신뢰성과 재현성을 확인하였다. 국내 차량용 액티브 안테나의 EMI 측정에 대한 시험방법의 표준(안)을 도출하여 각 자동차회사에 전파를 하였으며 이러한 결과를 바탕으로 추후 각 자동차 회사에서 데이터 베이스를 구축하도록 제안을 하였으며, 추후 이러한 데이터 베이스를 취합하여 결과를 분석함으로써 제한한 방법에 대한 유효성의 검증이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

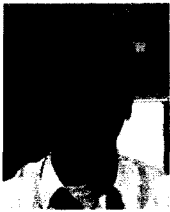
- [1] CISPR/D/WG2 N120 : CISPR 25 - Proposed amendment to the second edition, Draft Third Edition, 15 January 2003.

[2] "Limit and method of measurement of radio disturbance characteristics of broadcast receivers

and associated equipment", BS EN 55023: pp.12, 1997.

≡ 필자소개 ≡

정 기 범



1999년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)

2001년 2월: 국민대학교 공과대학원 전자공학과 (공학석사)

2002년~현재: 한양대학교 대학원 전자통신전파공학과 박사과정

[주 관심분야] EMC, EMF, 전자파수치해석, 안테나 설계, 전자파측정

신 재 곤



1987년: 인하대학교 전자공학과 (공학사)

2001년: 아주대학교 정보전자공학과 (공학석사)

1986년~1993년: 현대자동차 제품개발연구소 전자기술부 근무

2004년~현재: 한양대학교 대학원 전자통신전파공학과 박사과정

1993년 11월~현재: 교통안전공단 자동차성능시험연구소 전자파팀장

[주 관심분야] 자동차 전장시험, EMC

박 현 우

1993년 2월: 아주대학교 제어계측공학과 (공학사)

2001년 2월: 아주대학교 산업대학원 정보전자공학과 (공학석사)

1995년~1999년: 삼성자동차 중앙연구소

1999년~2001년: 삼성종합기술원

2001년~현재: 르노삼성자동차 연구소 전장팀

[주 관심분야] 자동차 전장시험, EMC

최 재 훈



1980년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)

1986년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학석사)

1989년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학박사)

1989년~1991년: 미국 Arizona State University 연구 교수

1991년~1995년: 한국통신 위성사업본부 연구팀장

1995년~현재: 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 부교수

[주 관심분야] 안테나 설계, 마이크로파 능·수동 소자 설계, EMC