

차량용 액티브 안테나의 잡음측정 및 EMI 측정방법 연구

박현우, 정기범*,
최재훈*

르노삼성자동차
*한양대학교
전자통신전파공학과

I. 서 론

산업혁명 이후, 산업물자의 수송과 인력의 수송을 위해, 급속하게 발전한 자동차 산업은 현대에 와서는 모든 산업과 밀접한 연관이 있는 산업의 꽃으로 부상하게 되었다. 또한 첨단 전자통신기술의 급속한 발달로 이동하는 자동차 내에서 기존의 AM/FM 방송의 수신 외에도 TV 수신, GPS를 이용한 Navigation 시스템, 이동 통신 등의 무선통신 서비스 기술 등이 요구되고 있다. 이러한 다양한 기술의 구현을 위해서는 안테나의 역할이 매우 중요하다. 자동차와 같은 이동체의 표면에 장착되는 안테나들은 경량이어야 할 뿐만 아니라 공기역학적인 면에서 저항이 극히 작아야 하므로 가늘고 짧은 모노폴 안테나나 역L(inverted-L)형과 같은 낮은 형태의 안테나들이 널리 사용되고 있다. 초기에 자동차에 부착된 라디오와 TV, 이동통신용 송수신 안테나는 초단파(ultra short wave)의 송수신시 효율이 높은 모노폴 안테나 사용이 보편적이다. 그러나 모노폴 안테나는 자동차의 외부로 돌출되어 있어 내구성이 떨어지고 외관상 좋지 않아 차창 내부에 삽입하는 글라스(on-glass) 안테나 개발의 필요성이 대두되었다. 우리나라 자동차 업계에서도 이미 글라스 안테나가 적용되고 있고, 패턴설계의 제약으로 인해 기존 모노폴 안테나에 비해 저하되는 글라스 안테나의 수신감도를 극복하기 위한 능동형 글라스 안테나의

적용이 확대되고 있는 추세이다. 능동 안테나는 자동차에서 사용하던 수동 안테나의 일반적인 문제점을 극복하고, 열악해지는 주파수 환경에서 보다 양질의 전파를 수신하기 위하여 다양한 형태로 차량에 적용되는 추세이다. 또한 차량의 고급화에 따라 많은 차량에서 채택되고 있는 실정이다. 능동 안테나의 증폭기에서 증폭된 잡음이 차량에 탑재된 시스템에 미치는 영향과 차량의 전자파 장애로 인한 시스템의 영향, 그리고 서로 다른 형태의 능동안테나에 적용할 수 있는 공통된 EMI 측정 방법과 기준 등을 어떻게 정할 것인가 하는 문제가 중요한 현안으로 대두되고 있다.

이러한 흐름에 맞추어 CISPR(국제 전파장해 특별위원회)에서도 AM/FM 방송수신용 액티브 안테나 적용시 시험 방법의 정당성, 기술적 근거 등에 대하여 활발한 검토가 진행되고 있으며, 국내에서도 이러한 국제적 움직임에 능동적으로 대처하기 위해서 각 CISPR 회원국에서 제·개정을 요구하는 사항에 대한 기술적인 검토 및 국내 환경에서의 적합성에 대한 신속한 검토가 요구되고 있다. 이에 따라 국내 CISPR/D 소위원회에서는 1999년부터 국제환경에 대응하기 위해 매년 능동 안테나의 잡음측에 관련한 연구과제를 수행하여 왔다. 이러한 과제의 일환으로 국내 CISPR/D 소위원회에서는 차량에서 발생하는 장애원으로부터 차량에 장착된 수신기를 보호하기 위해 시험방법과 규제치가 명시되어 있는

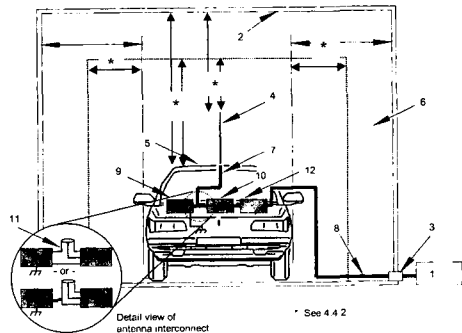
CISPR25 규격 내의 시험방법에 대한 국내 표준안을 도출하였다. 이를 근거로 한 시험을 통해 CISPR-25규격의 국내 적합성 여부를 검토하였다.

본 고에서는 CISPR25를 기준으로 구체화된 시험방법을 소개하고, 그에 따라 실시된 시험결과를 분석해 보고자 한다.

II. 차량장착 안테나에 의한 잡음측정 방법

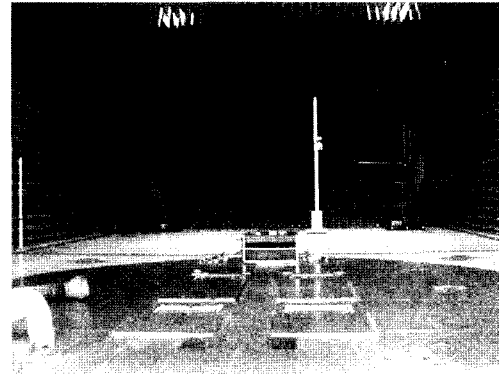
CISPR25는 차량에 장착되는 전기/전자 부품에 의한 전자파 방해로부터 차량에 설치된 수신기를 보호하기 위한 국제적인 시험 방법의 표준이다. 또한 차량 내 전자파 방해 원을 광대역 장해원/협대역 장해원으로 나누어 이러한 장해원으로부터 방출되는 전자파량의 억제 기준을 제시하는 시험규격이다. [그림 1]은 CISPR 25에 의거한 차량용 안테나의 방사 측정 장치의 배치도이다.

각각의 시험차량을 외부의 장해원이 차단된 반무반사실 챔버에 위치한 후 차량 안테나로 환경 잡음을 측정하였다. [그림 2]는 본 연구에서 사용한 자동차 실차 테스트용 챔버이다.



- Key:
- 1 Measuring instrument
 - 2 ALSE
 - 3 Shield connector
 - 4 Antenna (see 5.11)
 - 5 EVI
 - 6 Typical absorber material
 - 7 Antenna coaxial cable
 - 8 High-quality double-shielded coaxial cable (50 Ω)
 - 9 Housing of on-board radio
 - 10 Impedance matching unit (when required)
 - 11 Modified coaxial "T" connector
 - 12 AM broadcast band ground isolation network (when required)

[그림 1] 차량용 안테나의 방사 측정 배치도



[그림 2] 본 연구에 사용된 KATRI EMI 측정 챔버

CISPR25는 크게 세부분으로 나뉘어서 용어의 정의 등 일반적인 정보를 다룬 부분과 차량에 장착된 안테나에 유기된 잡음을 측정하는 방법, 그리고 단품상태에서 발생하는 잡음을 측정하는 방법들을 다룬 부분으로 구분된다. 여기서는 차량에 장착된 안테나에 유기되는 잡음측정 방법에 대하여 국내 CISPR/D 소위원회에서 구체화한 시험방법을 소개하고자 한다.

2-1 차량 동작조건

2-1-1 협대역 전자파 방사량(Narrow-band emission) 측정 조건

- (1) 이그니션 Key On
- (2) 라디오 On (FM:98.1 MHz / AM:999 kHz / Volume 중간단계)
(Engine ECU, TCU 등 Microprocessor, Digital Logic, Oscillator, Clock Generator를 포함하는 각종 모듈의 작동 조건임)

2-1-2 광대역 전자파 방사량(Broadband emission)-연속주기 측정 조건

- (1) 엔진 Idle Running
- (2) 라디오 On (FM:98.1 MHz / AM:999 kHz / Volume 중간단계)

(점화계통, Engine Cooling Fan 작동 / 기타 전기 전자 관련 부품 미작동 조건임) 시험전 배터리의 충전 및 시스템 안정화를 위해 시험차량을 무부하 상태로 30분 이상 공회전시킨다.

2-1-3 광대역 전자파 방사량(Broadband emission)- 짧은주기 측정 조건

- (1) 광대역 전자파 방출원 작동
- (2) 라디오 On (FM:98.1 MHz / AM:999 kHz / Volume 중간단계)

(점화계통 작동 / F/Rear Wiper Motor, Blower Motor, Flasher Unit 등의 최대부하 작동 조건, Wiper 는 Blade를 탈거한 상태에서 동작시킴)

2-2 시험설비 및 계측기

2-2-1 시험 설비

- (1) 시험설비는 CISPR 16-1을 만족하는 EMI 수신기를 사용한다.
- (2) 측정시 전치증폭기(pre-amplifier)는 사용하지 않는다. (측정기의 Overload를 방지함)

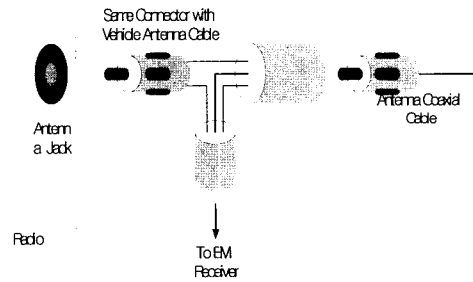
2-2-2 계측 조건

- (1) 시험 주파수 대역 : FM(87 MHz~108 MHz), AM(530 kHz~1602 kHz)
CISPR25에 명시되어 있는 시험 대역 중 국내실정을 고려하여 FM(VHF)과 AM(MW)대역을 측정한다.
- (2) 측정장비의 최소 주사 시간(scan time)은 FM은 20 s/MHz, AM은 200 s/MHz로 측정한다. CISPR 25에는 s-scan Rate을 Max. 100 ms/MHz(Peak Detection)로 되어 있으나 정확한 측정을 위해 측정시간을 길게 할 필요가 있다.
- (3) 측정장비 대역폭(bandwidth)은 FM은 120 kHz, AM은 9 kHz로 측정한다.

2-3 시험방법 및 절차

2-3-1 안테나와 측정장비의 연결

차량의 안테나 커넥터는 차량에 장착된 라디오의 하우징(housing)에 접지되어야 하고, 라디오의 하우징은 차체와 실제의 하네스(또는 브라켓)에 의해 접지되어야 한다. 잡음전압은 차량의 안테나 동축케이블의 끝단에서 접지점을 기준으로 전자파 반무향실 외부에 위치한 EMI 수신기에 의해 측정되어야 한다. 이때의 연결은 아래 [그림 3]과 같은 구조로 만들어진 별도의 연결기구를 제작하여 사용한다. 전자파 반무향실과 외부 EMI 수신기 사이에는 동축 벌크헤드 커넥터(coaxial bulkhead connector)를 사용하고, 측정시 표면 전류에 의한 수신 전자파의 외곽을 억제하기 위해 측정용 EMI 수신기의 연결단에 페라이트링을 채운 이중 쉴드 케이블을 이용한다.



[그림 3] 안테나 동축 케이블에 대한 grounding 방법

2-3-2 환경 잡음 측정

시험차량을 외부의 장애 원이 차단된 반 무반사실에 위치한 후 차량의 배터리의 “-” 단자를 탈거하여 차량을 배터리전원으로부터 분리시킨다. 별도 전원선을 연결하여 차량 능동 안테나의 앰프단에 전원을 공급한 후 차량의 안테나 동축케이블 끝단에서 FM 및 AM 측정대역의 잡음전압을 측정한다.

2-3-3 잡음 측정

2-1절의 3가지 차량 동작조건에 따라 각각의 조

건하에서 차량 내부에서 발생하여 차량 안테나로 유입되는 FM 및 AM 주파수 대역의 잡음전압을 측정장비로 측정한다. 측정된 잡음은 안테나와 측정기간의 임피던스 매칭을 고려하여 이론적인 보상치를 보정한다. 보정값은 BS EN 55013:1997의 안테나 터미널 측정방법에 수신기에서 측정된 값의 최소 6 dB를 보상하도록 되어 있으므로 그 값을 보정한다.

2-4 시험 결과 판단 기준

시험결과의 판단 기준은 <표 1>을 따른다.

<표 1> 안테나에 유기되는 잡음전압 제안치

방송 대역	주파수 (MHz)	수신기 안테나터미널에서의 잡음전압(dB μV)				IF BW (kHz)	Scan Rate
		광대역 연속 주기 준첨두치	광대역 짧은 주기 첨두치	협대역 연속 주기 준첨두치	협대역 짧은 주기 첨두치		
AM (MW)	0.53~1.602	6	19	15	28	0	200 Sec/MHz
FM (VHF)	87 ~ 108	6 (15)	28	15	28	6	20 Sec/MHz
차량작동 조건	Engine Idle Radio On	Engine Idle Motor On Radio On	Engine Idle Motor On Radio On	IGN Key On Radio On	IGN Key On Radio On		

EMI Receiver 사용, Pre-Amplifier Off
 () 값은 이그니션 시스템에 대한 규제치임
 Radio On : FM:98.1 MHz / AM:999 KHz / Volume 중간단계
 광대역 짧은주기 방출원 : F/R Wiper Motor, Blower Motor, Flasher Unit
 Impedance Matching Unit 미사용시 이론적인 값으로 측정값을 보정함

III. 측정결과

본 고에서 제안한 시험방법에 준하여 지난 8월 자동차성능시험연구소(KATRI)에서 실시된 시험결과는 아래와 같다.

3-1 시험차량

(1) A 차량 (그랜저XG, 액티브안테나 장착차량)

3-2 시험조건

- (2) 측정주파수: 87~108 MHz (FM 대역, 시간관계상 AM 대역은 제외함)
- (3) 측정대역폭: 120 kHz
- (4) 측정 스텝 : 100 kHz
- (5) 측정 시간 (각 스텝별)
 - 2 sec
 - 0.2 sec
 - 10 msec
- (6) 측정 모드
 - 협대역 : Peak
 - 광대역 : Peak & Quasi-Peak
- (7) 차량 조건
 - IGN ON (협대역)
 - Idling (광대역 연속주기)
 - Idling + Wiper High, Air con. Max, Left turn signal ON (광대역 짧은주기)

3-3 시험결과

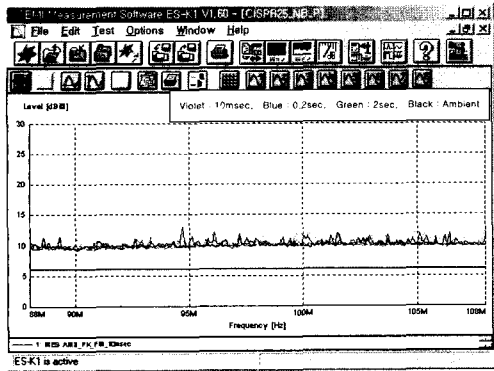
3-3-1 협대역 측정결과(IGN ON)

협대역 시험의 경우 측정할 수 있는 기본적인 환경 잡음이 10 dBuV 수준으로 전치증폭기를 사용하지 않고서는 CISPR25에서 규정하고 있는 제한치인 6 dBuV를 측정할 수 없는 결과를 보여주었다. 본 시험차량의 경우 FM대역에서 차량의 안테나에 유기되는 협대역성 잡음의 전압은 10~13 dBuV로 거의 환경 잡음 수준이었다.

[그림 4]는 협대역 잡음 측정 결과이며, 측정 모드는 peak 모드로 하였다.

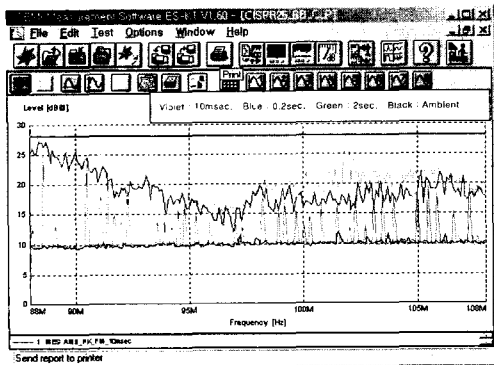
3-3-2 광대역 연속주기 측정결과(Idleing)

광대역 연속주기 시험의 경우 CISPR25에서 RPM에 관한 언급이 없으므로 idle상태에서 시험을 진행하였으며, peak모드로 측정된 결과를 보면 측정시간



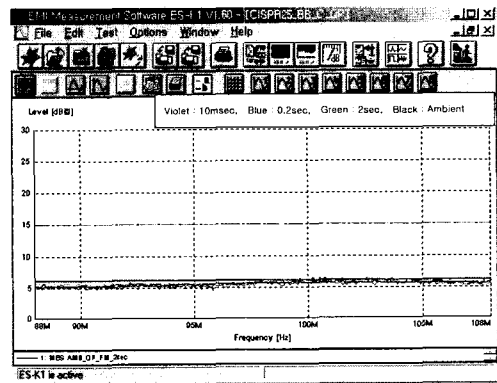
[그림 4] 협대역잡음 측정결과(Peak Mode)

이 10 msec인 경우 일부 구간에서 peak치를 검출하지 못하는 결과를 보였고, 0.2 sec보다는 2 sec가 전대역에서 좀 더 높은 결과치를 나타내었다. 이는 측정시간이 길수록 각각의 측정대역폭 내에서 검출되는 최대 Peak치는 높다는 것을 나타내며, 보다 긴 측정시간(예를 들면 10 sec)으로 측정하여 최대값을 측정해 낼 수 있는 최소의 측정시간이 도출되어야 할 것이다. 본 시험차량의 경우 측정시간을 2초로 하여 측정한 결과에서 일부 대역이 규제치를 약간 초과하는 결과를 나타내었다. 또한 일부 구간(102 MHz 대역)에서 측정시간에 따라 측정결과와 차이가 비교적 크게 발생한 것으로 보아 차량의 시동간



[그림 5] 광대역연속주기 잡음 측정결과(Peak Mode)

간헐적으로 작동되는 냉각팬 등의 작동 여부가 연속주기 시험의 결과에 영향을 미친 것으로 판단된다. 반면에 Quasi-Peak모드에서의 광대역 연속주기 측정결과는 최대치가 약 6 dBuV선으로 측정되었고, Peak 모드의 측정치와 큰 차이를 나타내었다. 이는 비교적 저속 RPM인 Idle 상태에서 시험을 실시한 결과에 의한 것으로 추정되며, 제한치 또한 환경 잡음과 Margin이 확보되지 않아서 적합성 여부의 판단에 어려움이 있다. [그림 5]는 광대역 연속주기 잡음 측정 결과이며, 측정모드는 peak 모드로 하였다.



[그림 6] 광대역연속주기 잡음 측정결과(Quasi-Peak Mode)

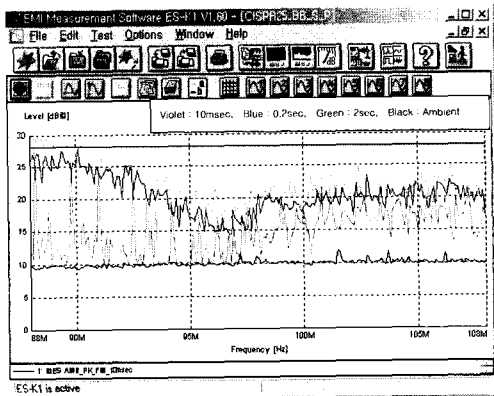
[그림 6]은 광대역 연속주기 잡음 측정결과와 측정모드가 준첨두치로 측정된 결과이다.

3-3-3 광대역 짧은주기 측정결과(Idleing + Wiper High, Air con. Max, Left turn signal ON)

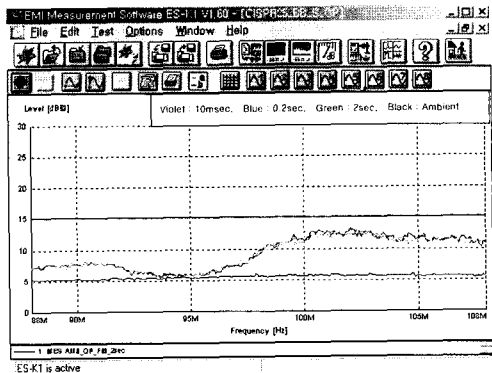
광대역 짧은주기 시험의 경우 광대역 연속주기 시험의 측정결과와 유사한 형태를 나타내었으나, 전체적인 레벨이 약간 상승하는 측정치를 나타내었다. Peak 모드 측정결과를 볼 때 측정시간 10 msec의 경우 100 MHz 이상 대역에서 광대역 연속주기에 비하여 검출한 Peak 값이 높게 측정되었고, 본 시험

차량의 경우 광대역 연속주기 시험의 결과와 마찬가지로 측정시간을 2초로 하여 측정한 결과에서 일부 대역이 제한치를 약간 초과하는 결과를 나타내었다.

반면에 Quasi-Peak 모드의 측정결과에서는 광대역 연속주기의 결과와 비교하여 보았을 때 구간에 따라 약 1~7 dBuV 가량 상승한 것으로 나타났으며, 본 시험차량의 경우 광대역 짧은주기 제한치인 15 dBuV를 만족하는 것으로 나타났다. [그림 7]과 [그림 8]은 광대역 짧은주기 잡음 측정결과이며, 각각 peak 모드와 준점두치 모드로 측정한 결과이다.



[그림 7] 광대역 짧은주기 잡음 측정결과(Peak Mode)



[그림 8] 광대역 짧은주기 잡음 측정결과(Quasi-Peak Mode)

3-4 결과분석

협대역 시험의 경우 CISPR25의 제한치 6 dBuV가 국내 자동차 전자파측정 환경을 고려하여 볼 때 낮다고 판단되며, 액티브안테나 모듈에서 증폭된 잡음으로 인한 측정기의 Overload를 방지하기 위하여 Pre-amplifier를 사용하지 않도록 한 시험방법도 고려해 볼 필요가 있다.

광대역 시험의 경우 CISPR25에서는 차량에서의 광대역 잡음 발생원을 작동빈도에 따라 연속주기, 긴주기, 짧은주기로 구분하여 예시하고 있으나 제한치에서는 연속주기와 짧은주기로만 구분이 되어 있어서 제한치의 적용시 구분이 모호한 실정이며, 광대역 연속주기 시험의 경우에 실질적으로 Ignition System을 제외한 Alternator, Fuel Injection 등의 연속주기 발생원만을 대상으로 한 측정은 어려움이 있고, 이때의 Quasi-Peak 측정모드 제한치인 6 dBuV 또한 협대역 시험과 마찬가지로 환경 잡음과의 Margin 확보가 어렵다. 또한 광대역 긴주기로 예시되어 있는 냉각팬의 경우 엔진냉각에 필수적인 장치이므로 엔진 시동간 실시하는 광대역 연속주기 측정에 포함될 수 밖에 없으며, 간헐적인 냉각팬의 작동으로 인해 영향 받을 수 있는 측정결과와 재현성 확보를 위해 시험간 냉각팬을 강제 구동시키는 방안도 고려해 볼 만하다.

또한 위의 측정결과는 안테나 Feeder Cable과 측정기 간의 임피던스 부정합을 고려치 않은 측정결과로서 안테나측의 임피던스를 75 ohm으로 가정할 때 측정결과에 약 6 dB가 상승함을 고려하여야 한다^[2].

상기 시험은 단일차종을 대상으로 한 시험으로 CISPR25의 제한치에 대한 타당성 여부는 속단하기 어렵고, 액티브안테나에 의한 잡음증 상승현상을 확인하기 위해 Reference Noise Source를 활용하는 방법도 고려해 볼 필요가 있다.

IV. 결 론

본 고에서는 CISPR25에 준하여 구체화된 시험방법과 이를 토대로 실시된 차량용 안테나의 잡음측정 결과를 살펴보았다. 시험결과와 분석에서 알 수 있듯이 시험방법 측면에서 좀 더 보완해야 할 부분이 있고, CISPR25에서 구체적으로 명시되지 않은 모호한 부분들도 확인될 필요가 있다. 또한 차량에 장착되는 전기/전자 부품에 의한 전자파 장애로부터 차량에 설치된 수신기를 보호하기 위하여 CISPR25에서 제시하고 있는 제한치는 차량에 장착된 안테나의 특성과 튜너의 성능에 직결되는 부분이다. 따라서 국내 차량에 적용되는 안테나와 튜너의 특성을 고려하여 CISPR25 제한치의 타당성을 검토해 볼 필요가 있다.

≡필자소개≡

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 전

장팀

[주 관심분야] 자동차 전장시험, EMC

정 기 범



1999년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 국민대학교 공과대학원 전자공학과 (공학석사)
 2001년~2002년: (주) 한국기술연구소
 2002년~현재: 한양대학교 대학원 전자통신전파공학과 박사과정

[주 관심분야] EMC, EMF, SAR, 전자파 수치해석, 안테나설계

감사의 글

본 연구를 위해 도움을 주신 EMC 기준전문위 CISPR/D 소위원회에 위원님들에게 감사의 말을 전합니다.

참 고 문 헌

- [1] CISPR25, "CISPR/D/WG2 N75", 9 January 2002.
- [2] "Limit and methode of measurement of radio disturbance characteristics of broadcast receivers and associated equipment", 12p, BS EN 55023: 1997.

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 전자전기컴퓨터 터공학부 부교수

[주 관심분야] 이동통신 및 위성통신, 안테나 설계, 마이크로파 능·수동 소자 설계