

I. 서 론

최근 국제적으로 정보화 사회로의 발전이 활발히 진행되는 가운데 컴퓨터를 비롯한 각종 정보기술장치(Information Technology Equipment: ITE)의 동작 주파수가 급속하게 높아지고 있으며, PCS, IMT-2000 등과 같은 이동통신 서비스의 사용 주파수도 계속해서 높아지고 있다. 또한, 디지털 기술과 반도체 기술 등의 전기(전자 분야의 기술도 급속히 발전함에 따라서 ITE 관련 첨단 기기들은 이전보다 작아진 크기에 보다 많은 기능을 보다 적은 전력을 사용하여 구현하는 등 소형화, 저전력화 및 광대역화 특성을 갖게 되었다. 그러나 기가헤르츠 대역의 고속 신호를 사용하는 이러한 기기들로부터 방출되는 불요 전자파는 각종 기기들에 오동작의 원인이 될 뿐만 아니라, Bluetooth, 무선랜 등의 이동 통신 서비스에 장애를 유발시키는 장애원이 된다. 이러한 환경적 변화에 따른 문제점 발생에 따라 EMC 분야의 국제 표준화 위원회인 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission)^[1] 산하의 국제무선장해특별위원회(International Special Committee on Radio Interference: CISPR)^[2]에서 주파수 범위 1~18 GHz 대역의 허용 기준치 및 시험 방법에 대한 표준화 작업을 수행하고 있다. 1 GHz 이상의 주파수 대역에 대한 허용 기준치는 보호 받아야 할 대상인 허가 받은 무선 서비스에 불요 전자파에 의한 영향을 주지 않도록 생산·판매되는 전기·전자 기기에 대하여 일정 레벨을 넘어서지 못하도록 규제하는 것이다^[3]. 현재 1 GHz 이상의 주파수 대역에

서의 전자파 적합성 시험을 위한 표준화 활동을 위해 IEC/CISPR A 소위원회(전자파장해 측정 및 통계적 방법) 산하의 작업반(Working Group) 2(허용 기준을 개발하기 위한 전자파 적합성 측정 기법) 내에 “1 GHz 이상에서의 시험장 평가 및 측정 방법(Measurement Method Above GHz)”에 관한 Ad hoc 그룹이 구성되어 있다. Ad hoc 그룹의 책임자는 미국의 Mr. Clark Vitek(Extreme Networks, Inc.)이다. 이러한 국제표준화 작업은 CISPR A 소위원회에서 담당하며, 프로젝트명 “CISPR 16-1 Amd.2 f3 Ed.1.0”으로 되어 있고, CISPR 16-1의 5.12절을 마련하는데 있다^{[4],[5]}. 본 고에서는 1 GHz 이상 주파수 대역에서의 EMI/EMC 측정 표준과 관련하여 IEC/CISPR A 소위원회 산하의 Ad hoc 그룹에서 “1 GHz 이상에서의 시험장 평가 및 측정 방법”에 대해 현재 진행중인 표준화 연구와 활동에 대해 표준화 문서를 중심으로 기술하고자 한다. 2절에서는 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 사용되는 측정 기기의 요구 조건^[5]에 대해 기술하고, 3절에서는 측정 방법(Measurement Method above 1 GHz)^{[6],[7]}을, 4절에서는 시험장 평가 방법(Test Site Validation)^{[8],[9]}에 대해 각각 기술하였다.

II. 1 GHz 이상에서의 측정기기 요구사항

2-1 스펙트럼 분석기

1 GHz 이상의 주파수 대역에서 측정을 위해 사용되는 가장 일반적인 기기는 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer)이다. 현재 CISPR 16-1(1999)^[5]

에서 제시하고 있는 1~18 GHz 대역에서의 EMI 측정 표준은 스펙트럼 분석기를 기본으로 하고 있지만, 계산식 주파수 스캔(Stepped Frequency Scanning) 기능을 갖는 측정 기기의 사용도 가능하다. 1~18 GHz 주파수 대역에서 측정 기기에 대한 요구 조건은 다음과 같다.

2-1-1 해상도 대역폭

일반적으로 1 GHz 이상의 주파수 대역에서의 측정을 위해 측정기기의 해상도 대역폭(Resolution Bandwidth: RBW)은 1 MHz 이어야 한다. 그러나 시험되는 시스템이나 신호원, 그리고 복사 제한치에 따라서 좀더 좁거나 넓은 RBW가 각 제품 위원회에 의해서 정해질 수 있다. 정해진 RBW의 값은 $\pm 10\%$ 의 허용오차(tolerance)를 갖는 것으로 정의된다.

2-1-2 검파기

스펙트럼 분석기에서 사용하는 표준 검파기는 첨두치 검파기(peak detector)이고, 따라서 첨두치 검파기는 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 전자파 방출 측정을 위해 주로 사용된다. 시간에 따라 변하는 신호의 측정을 위해 Max Hold 기능이 사용된다.

첨두치 제한값(peak limit)으로 전자파 적합성을 검증하기 위한 측정^[5]은 1 MHz(impulse bandwidth)의 대역폭을 이용하는 첨두치 측정용 스펙트럼 분석기를 가지고 수행한다. 평균치 제한값(average limit)으로 전자파 적합성을 검증하기 위한 측정^[5]은 1 MHz(impulse bandwidth)의 대역폭과 감소된 비디오 대역폭(VBW)을 사용하는 첨두치 측정용 스펙트럼 분석기를 가지고 수행한다. 스펙트럼 분석기는 평균치 측정을 수행할 경우에는 선형 모드(Linear Display Mode)로 설정하여 사용한다. 정확한 측정 결과값을 얻기 위해서는 스펙트럼 분석기의 소인(sweep) 시간은 증가되어야 하며, 이는 협대역의 비디오 대역폭을 사용하기 때문이다.

2-1-3 비디오 대역폭

첨두치 검파기를 이용해 측정하기 위해서 측정기기의 비디오 대역폭(Video Bandwidth: VBW)은 RBW보다 커야 한다. 일반적으로 측정을 위해 사용 가능한 기기의 경우 VBW는 RBW의 3배가 되도록 선정한다. 적절한 VBW를 선택하였는지에 대한 평가는 측정기기가 나타내는 측정치의 크기가 약 1 dB보다 적게 변할 때까지 VBW를 감소시킴으로써 알 수 있다.

2-1-4 입력 필터

신호의 크기가 큰 기본 주파수에 의한 스퓨리어스 신호를 측정하고자 할 때 고조파 혹은 상호변조 신호의 발생을 막고 스펙트럼 분석기의 입력 회로를 과부하나 손상으로부터 보호하기 위해서 피시험기기의 기본 주파수에 충분한 감쇠를 주기 위해 스펙트럼의 입력단에 입력 필터(input filter)를 사용한다. 피시험기기의 기본 주파수에서 동작하는 30 dB 감쇠 필터의 사용이 일반적이고, 여러 주파수에서 신호를 감쇠시키기 위해 몇 개의 필터를 사용할 수 있다.

2-2 안테나

1 GHz 이상의 주파수 대역에서 복사되는 전자파를 측정하기 위해서 교정된 선형 편파 안테나를 이용한다. 이러한 안테나로는 Double-ridged guide horns, Rectangular waveguide horns, Pyramidal horns, Optimum gain horns, 그리고 Standard gain horns 등이 포함된다. 사용되는 안테나가 측정하고자 하는 거리에 위치했을 때 안테나 복사 패턴의 빔 혹은 주빔은 피시험기기를 포함할 수 있을 만큼 크거나, 그렇지 않은 경우 피시험기기를 스캔하기 위한 적절한 규정이 있어야 한다. 이에 대해서는 3절의 측정 방법에서 보다 자세히 기술하였다. 안테나

의 주빔은 안테나의 3 dB 빔폭(*beamwidth*)으로 정의되고, 이러한 안테나에 대한 파라미터는 안테나에 대한 문서에 기술되어 있어야 한다. 그리고, 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 사용하고자 하는 혼 안테나의 개구부의 경우 측정 거리(*R*)가 Rayleigh 거리보다 같거나 크도록 충분히 작아야 한다.

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (1)$$

여기서, *D*는 안테나 개구부의 최대 면적을, λ 는 측정 주파수에서의 자유공간 파장을 각각 나타낸다.

2-3 시험장

1 GHz 이상의 주파수 대역에서 복사 전자파를 측정하기 위한 시험장(*Test Site*)의 기본적인 조건은 반사가 없는 자유공간 특성을 갖는 것이다. 이러한 자유공간 조건을 맞추주기 위해 전자파 흡수체를 사용하거나 접지면의 효과를 줄이기 위해 피시험기를 높이 올리기도 한다.

2-3-1 기준 시험장

1 GHz 이상에서의 복사 전자파 측정을 위한 기준 시험장(*Reference Test Site*)은 임의 방향에서의 반사가 측정에 영향을 주지 않도록 주의를 기울인 자유공간 야외시험장(*Free-space Open Area Test Site*)이다.

2-3-2 시험장 평가

시험장을 평가(*validation of test site*)하기 위한 방법과 이상적인 자유공간 조건과 관련된 허용 오차 등에 대해서는 4절의 시험장 평가 방법에서 보다 자세히 기술하였다.

2-3-3 대응측정시설

관련 표준에서 정하고 있는 자유공간 특성을 갖는 어떠한 측정 시설도 1 GHz 이상의 주파수에서

복사 전자파를 측정하기 위한 대응 측정 시설로의 사용이 가능하다.

III. 측정 방법

3-1 측정 조건

만약 피시험기기의 내부 신호원의 최대 주파수가 108 MHz 이하인 경우 1 GHz 까지, 내부 신호원의 최대 주파수가 108~400 MHz 사이에 존재하는 경우에는 2 GHz 까지 측정한다. 그리고 피시험기기의 내부 신호원의 최대 주파수가 400 MHz 이상일 때는 가장 높은 주파수 5배의 주파수와 18 GHz 중 적은 주파수까지만 측정한다. 따라서 제조업자는 제품 내부 신호원의 최대 주파수를 밝히고, 시험 결과서에도 명시되어야 한다.

3-2 측정 사이트 요구 조건

3-2-1 측정 거리

측정거리(*D*)는 피시험기기를 포함하는 최외각에서부터 안테나까지의 거리를 나타낸다. 따라서, 측정거리는 피시험기기의 모든 부분, 즉 케이블, 케이블 랙, 주변기기 등을 포함시킨 영역으로부터의 거리를 나타낸다. 3 m 이외의 다른 거리에서 측정을 할 경우에는 측정거리를 1 m에서 10 m 사이에 두고, 자유공간에서의 전파를 가정하여 측정된 결과를 조정한다. 논쟁이 있을 경우에는 3 m에서 측정된 결과를 우선 적용한다. 또한 피시험기기의 최초 평가를 위해 사용하였던 거리를 우선 적용한다.

3-2-2 피시험기기 설치와 동작 조건

일반적인 지침으로서 피시험기기의 시험 설치와 동작 조건은 1 GHz 이하의 측정 조건과 동일하게 유지한다. 피시험기기에 대한 시험 설치는 *Table Top*, *Floor Standing*, *Rack Mounted*, *Wall Mounted* 등과 같이 해당 기기의 가장 일반적인 사용을 위한

배치를 대표하도록 한다. 또한 시험 설치는 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 측정을 위해 수신 안테나와 피시험기기 사이에 전자파 흡수체가 필요한지에 대해서도 고려해야 한다. 가능한 한 피시험기기는 1 GHz 이상의 복사 전자파 측정을 위해서 바닥에 놓인 전자파 흡수체의 높이보다 높게 위치시켜야 한다. 만약 Rack-mounted나 Floor Standing 기기와 같이 피시험기기 전체를 흡수체 위로 올리는 것이 불가능하다면, 피시험기기 내에 복사원이 흡수체 위에 위치하도록 하여야 한다. 모든 경우에 피시험기기는 참고문헌 [5]에 기술된 검증된 시험 공간에 위치하여야 한다. 또한 피시험기기는 최악 조건(worst case)인 가장 높은 방사 값을 찾을 수 있는 동작 모드에서 측정되어야 한다.

접지면, 흡수체 그리고 안테나에 대해 피시험기가 어떻게 위치하였는지를 명백하게 보여주기 위해 측정시 피시험기기 배치는 사진이나 그림으로 시험 결과서에 문서화되어야 한다.

3-2-3 선행 측정 과정

1 GHz 이상의 주파수 대역에서 전자파 적합성 시험을 위한 측정 시간을 줄이기 위해 먼저 첨두치 검출(peak detection) 기능을 사용하여 측정하고, 그 결과를 평균치 제한값과 비교한다. 평균치 검파기를 이용한 이후의 측정과 평균치 제한값에 대한 결과 비교는 평균치 제한값이 첨두치 검출에 의해 얻어진 데이터를 초과하는 주파수 범위에서만 수행한다.

다음과 같은 선행(preliminary) 측정 과정은 수직 및 수평 편파 모두에 적용할 수 있다.

- ① 선행 측정에서 최대 방사치를 검출하기 위해 첨두치 검파기를 Max Hold 모드 상태로 두고 스캔 혹은 소인 시킴.
- ② 적당한 신호 포착을 확인하기 위하여 소인 시간이나 스캔 시간을 결정.
- ③ 피시험기기의 다양한 동작 모드에 대한 영향

을 측정.

- ④ 최대 방사값을 측정하기 위해 피시험기기를 360° 회전시킴.

또한 다음 지침 사항들이 관찰되어야 한다.

- ① 첨두치 검출과 Max Hold 기능을 사용하여 안테나의 사용 주파수 전대역에서 스캔 혹은 소인 모드의 사용 여부.
- ② 회전 타자를 연속적으로 회전시키거나 15° 간격으로 회전시키면서 측정하고, 다른 편파에 대해서도 이 과정을 반복 측정 여부.
- ③ 회전 타자의 연속적인 회전 모드에서는 스펙트럼 분석기의 소인 시간이 15° 간격으로 회전되는 시간보다 작거나 같은 시간에서 소인되어지는지 여부.

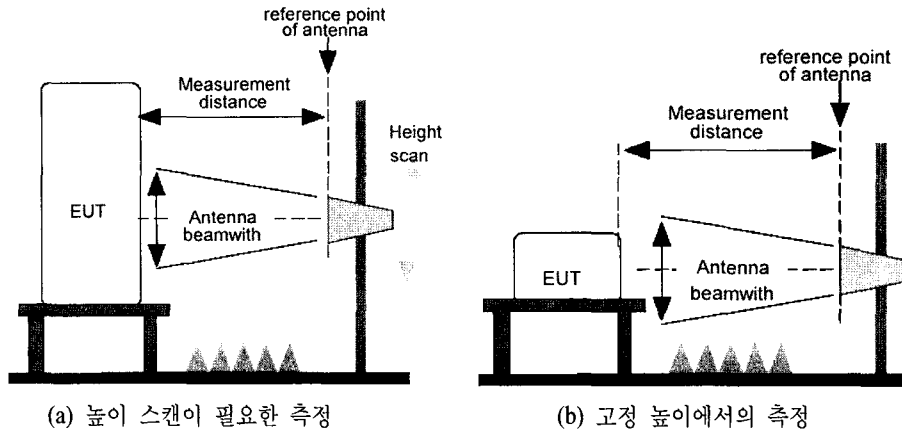
3-2-4 측정 과정

최종 측정은 모든 요구된 검파기를 사용하여 측정해야 한다. 첨두치 측정 결과는 모든 정해진 제한치에 적합성을 보여주기 위해 사용되어질 수 있다.

1 GHz 이상 주파수 대역에서의 측정은 수신 안테나와 가장 가까운 피시험기기의 부분에 평행한 수직 평면으로 제한된다. 먼저, [그림 1(a)]와 같이 수신 안테나의 빔폭보다 피시험기기의 크기가 큰 경우에는 수신 안테나를 피시험기기의 상·하·좌·우의 끝에서 수직 이동시키면서 측정한다. 반면에 수신 안테나 빔폭보다 피시험기기의 크기가 같거나 작은 경우에는 [그림 1(b)]에서와 같이 수신 안테나를 피시험기기의 중앙 높이에 고정시키고 측정한다. 모든 경우에 대해서 최대 방사값을 측정하기 위하여 0° ~ 360° 회전시키고, 수직 및 수평 편파에 대해 스캔한다.

IV. 시험장 평가

1 GHz 이상의 주파수 대역에서 전자파 적합성 시험을 위한 시험장은 다음 4-1절에서 주어진 기준



[그림 1] 1 GHz 이상에서 전자파 적합성 측정을 위한 배치

을 만족한다면 복사 전자기장을 측정하는데 적합한 것으로 간주한다. 4-2절과 4-3절에서는 유효성 평가 방법과 절차에 대해서 기술한다.

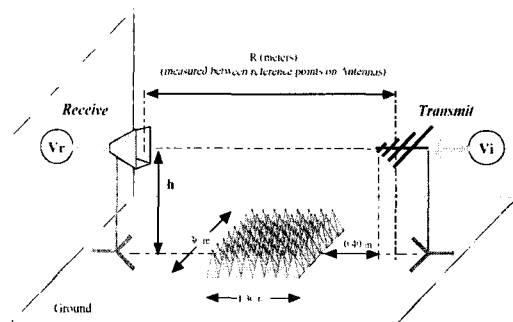
유효성 평가 방법은 시험장, 수신 안테나, 그리고 필요하다면 지표면 위의 전자파 흡수체의 조합에 대해서만 검증된다. 따라서 제품 규격에 따른 피시험기기의 규격 일치 여부를 판정하는 측정은 유효성 평가 절차에서 사용된 조건과 동일한 조건에서 이루어져야 한다. 만약 그렇지 않을 경우, 새로운 환경에 대한 별도의 시험장 유효성 평가가 이루어져야 한다. 만약 시험장을 탁상형 피시험기기 시험에 사용하고자 한다면, 피시험기기를 놓는 탁자는 평가하고자 하는 조합의 일부분으로 간주되어야 하며 저밀도 유전체로 제작되어야 한다.

1 GHz 이상에서의 측정에 사용될 시험장은 무반사 조건을 제공하는 것으로서 예를 들면, 완전 무반사실(Fully Anechoic Chamber)이다. 반 무반사실(Semi Anechoic Chamber)을 이용하는 경우 반 무반사실의 바닥에 전자파 흡수체가 필요할 수도 있다. 권고된 전자파 흡수체의 최소 면적은 측정거리가 3 m인 경우, 송신 안테나 앞 0.4 m 위치에서 1.3 m ×

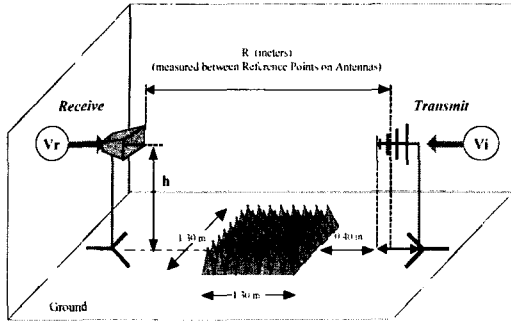
1.3 m 면적이다. 만약 유효성이 실패할 경우, 먼저 두 안테나를 잇는 축상으로 면적을 증가시키고, 이어서 그 축에 수직인 방향으로 면적을 증가시켜야 한다.

4-1 규격화된 시험장 감쇠량(NSA)

유효성 평가 절차는 측정 결과를 자유공간에서 주어질 수 있는 이상적인 규격화된 시험장 감쇠량(NSA: Normalized Site Attenuation)과 비교를 필요로 한다. 시험장 감쇠량(Site Attenuation)은 송신 안테나에 연결된 전원 전압(V_i)과 수신 안테나 단자에



[그림 2] 수평면과 시험을 위한 측정 기기 배치



[그림 3] 수직편파 시험을 위한 측정 기기 배치

서 측정된 수신 전압(V_r)의 비로서 얻어진다. [그림 2]와 [그림 3]은 수평, 수직 편파에서 NSA 측정을 위한 전형적인 배치를 보여준다.

이론적인 자유공간 NSA는 다음 식 (2)에 의해 두 편파에 대해 계산된다.^{[10],[11]}

$$NSA_T = 20 \times \log \left(\left(\frac{2 \cdot R_s \cdot R_L}{R_s + R_L} \right) \left(\frac{\lambda \cdot R}{Z_0} \right) \right) \quad (2)$$

여기서, NSA_T = 이론적인 NSA (dB)

R = 두 안테나 기준점 간의 거리 (m)

R_s, R_L = 측정 장비의 원천 저항과 부하 저항(전형적으로 50 Ω)

λ = 파장 (m)

Z_0 = 자유공간의 파동 임피던스, 약 120 π

식 (2)로 표현된 NSA는 측정 장비의 전원 저항과 부하 저항, 파장, 두 안테나 간의 거리, 그리고 파동 임피던스에 의존하는 기본적인 표현이다.

전원 저항과 부하 저항이 50 Ω 인 전형적인 경우, 식 (2)는 다음과 같이 된다.

$$NSA_T = 20 \log R - 20 \log f + 32 \quad (3)$$

여기서, R = 두 안테나 기준점 간의 거리 (m)

f = 파장 (MHz)

다음절에서 기술하고 있는 방법에 의해 얻어진

NSA 측정값(NSA_M)은 다음 식 (4)에 의해 주어진다.

$$NSA_M = V_{DIRECT} - V_{SITE} - AF_T - AF_R \quad (4)$$

여기서, NSA_M = 측정된 NSA (dB)

AF_T = 송신 안테나의 안테나 인자 (dB/m)

AF_R = 수신 안테나의 안테나 인자 (dB/m)

V_{DIRECT} = 송신 및 수신 급전 케이블을 서로 연결하였을 때의 수신기 측정전압 (dB μ V)

V_{SITE} = 송신 및 수신 안테나를 시험 배치에 두었을 때의 수신기 측정전압 (dB μ V)

이상적인 NSA에 대한 편차(D_{NSA})는 CISPR 16-4에 기술된 측정 불확정도(Measurement Uncertainty)와 관련된 측정 설비의 품질 평가기준이다. 이러한 품질은 각각의 측정에 대해서 식 (4)에 의해 주어진다.

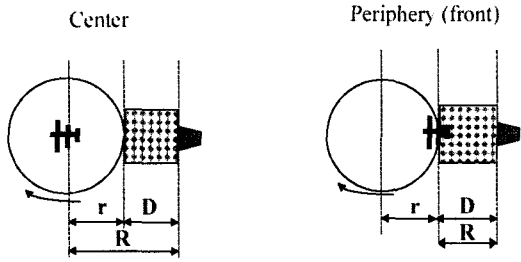
$$D_{NSA} = NSA_M - NSA_T \quad (5)$$

1 GHz 이상에서 측정이 유효한 시험장이 되기 위해서는 D_{NSA} 가 ± 4 dB 내에 들어야 한다. D_{NSA} 는 측정된 피시험기기의 전자기장의 세기를 보전하는 것으로 사용될 수 없다. 식 (2) 또는 (3)에 의해 주어지는 이론 값들은 모든 종류의 안테나와 수평 및 수직 편파에 대해서 사용된다.

4.2 유효성 평가 방법

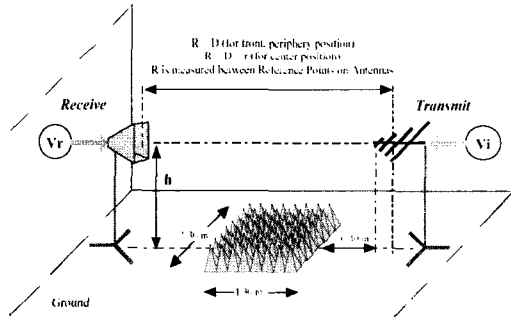
본 절에서는 NSA를 사용하여 시험장의 유효성을 평가하는 방법을 기술한다.

송신 안테나로 사용되는 안테나는 반드시 낮은 방향성과 선형 편파된 안테나이어야 한다. 만약 안테나의 3 dB 빔폭이 40°보다 넓다면 낮은 방향성을 가지는 것으로 간주한다. 이러한 안테나의 대표적인 예는 대수 주기형 다이폴 배열(LPDA: Log Periodic Dipole Array)이다. 수신 안테나 역시 선형 편파로



R = 두 안테나 기준점 사이의 거리
 D = 시험 영역의 경계로부터 수신 안테나까지의 시험 거리
 r = 시험 영역의 중심으로부터 경계까지의 시험 영역에 대한 반경

[그림 4] 시험 거리(D), 안테나 이격거리(R), 시험영역 반경(r)의 정의



[그림 5] NSA 측정을 위한 시험장 배치

되어야 하고, 피시험기기에 대한 복사 방출 시험에서 사용될 안테나와 동일한 형태의 안테나이어야 한다. 수신 안테나와 함께 사용되는 수신 안테나의 위치제어 시스템(positioning system)은 시험장 유효성 평가에 같이 포함되어야 한다.

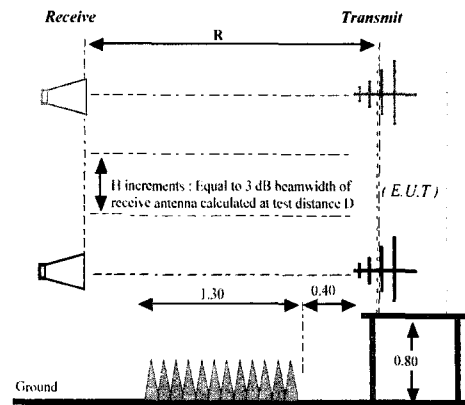
시험장은 실제 피시험기기의 측정을 위해 사용되는 영역에 대해 그 유효성이 평가되어야 한다. 측정은 송신 안테나의 한 중심 위치와 피시험기들이 점유하게 될 최대 시험 영역의 경계에 해당하는 한 지점에 대해 수행된다. 두 위치에 대해서 피시험기

기와 유사하게 송신안테나는 회전 탁자(*turntable*)를 사용하여 회전되며, 얻어진 최대 수신 전압은 식 (4)에서 V_{SITE} 로 사용되며, 결과적으로 식 (5)에서 D_{NSA} 의 비교를 위해 사용된다.

시험 영역의 유효성 평가는 최대 피시험기기 시험 영역의 경계로부터 측정되는 시험거리 D 에 수신 안테나를 위치시킴으로써 이루어진다. [그림 4]는 수신 안테나의 위치를 보여준다. 이러한 절차에 있어서 전체 시험 영역은 그 중심에 대해 회전이 가능해야 하는데, 이것은 원격 제어가 가능한 회전탁자를 가진 시험장에서 전형적인 것이다.

유효성 평가는 [그림 2]와 [그림 3]에서 보인 것처럼 시설의 바닥면을 기준으로 안테나의 송신 및 수신 소자를 수평 방향으로, 다시 수직 방향으로 배치하여 수행한다.

유효성 평가는 바닥면으로부터 1 m의 높이에서부터 피시험기기의 영역을 둘러쌀 수 있는 최고 높이까지 일정한 높이 간격으로 두 안테나를 이용하여 이루어진다. [그림 6]은 높이 스텝 요구 사항을 보여준다. 요구되는 높이 스텝은 시험거리 D 에 근거하여 시험 영역의 경계에서 측정된 수신 안테나의 3-dB 빔폭과 같다.



[그림 6] NSA 측정을 위한 안테나 높이 조절

시험장에 대한 유효성 평가는 피시험기기가 놓이는 시험 탁자를 반드시 제자리에 위치시켜 수행한다^[5]. 수직 편파에서 시험 안테나 소자가 시험 탁자에 닿는다면 안테나 소자를 시험 탁자 표면으로부터 최대 2.5 cm의 공간이 띄워지도록 높이로 올릴 필요가 있다. 이러한 경우에 있어서 모든 다른 높이 증분(increment) 위치는 초기의 1 m 요구사항에 근거하여 계산되어야 한다.

4-3 유효성 평가 절차

1 GHz 이상에서 전자파 적합성 시험을 위해 사용되는 시험장에 대한 유효성 평가 절차에서는 [그림 4]에서 보인 것과 같이 중심과 앞쪽 경계면 위치에서의 이격거리 R 에서의 정확한 안테나 인자(antenna factor)를 알 필요가 있다. 이러한 안테나 인자를 구하는 방법은 다음 4-5절에 자세하게 기술되어 있다.

시험장에 대한 유효성 평가 절차는 다음과 같다.

(1) 송신 및 수신 안테나 케이블을 함께 연결하고, 유효성 평가가 필요한 각각의 주파수에서의 수신 전압을 기록한다. 이 값이 식 (4)에서의 V_{DIRECT} 이다. 만약 측정을 위해 케이블을 연결하는데 직선형 관통 어댑터(straight through adapter)가 사용된다면, 사전에 그 특성이 확인되어야 하며, 다음 2가지 요구조건을 만족할 때만 사용할 수 있다는 것을 주의해야 한다.

① 어댑터의 삽입 손실이 로그 스케일 주파수를 따라 선형적으로 증가해야 함.

② 최대 삽입손실은 2 dB를 초과하지 않아야 함. 추가적으로 사용되는 케이블 배치에서 V_{DIRECT} 측정을 위해서 어댑터가 필요하고, V_{SITE} 측정을 위해서는 어댑터가 필요치 않다면 어댑터에서의 손실은 식 (4)에서의 규격화 감쇠량 계산에 앞서서 그 값을 V_{DIRECT} 값에 더해줌으로써 반드시 보상해야 한다.

(2) [그림 4]를 참조하여 송신 안테나를 바닥면

위 1 m 높이에서 수평 방향으로 시험 영역 중앙에 위치시킨다. 중앙 위치에서 안테나의 기준점은 회전 탁자의 중심을 통과하는 평면과 정렬되게 위치시켜야 한다.

(3) 마찬가지로 수신 안테나도 수평 방향으로 시험 영역의 경계로부터 측정되는 시험거리 D 에 위치시킨다. 여기에서 이론적인 규격화 시험장 감쇠량 계산에 사용되는 두 안테나 사이의 전체 이격거리 R 은 시험거리 D 에 시험영역의 반경 r 을 더한 것과 동일하다.

(4) 송신 및 수신 케이블을 안테나에 연결한다. V_{DIRECT} 측정에 사용된 것과 동일한 신호원 출력으로, 수신 전압이 주변 잡음과 측정하고자 하는 주파수 대역에 걸친 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기 잡음보다 최소한 10 dB 커야 한다. 만약 그렇지 않을 경우에는 다른 장비를 사용하거나 부분적인 주파수 대역을 사용하고, V_{DIRECT} 가 표시되는 잡음 레벨보다 10 dB 이상으로 유지될 수 있도록 적절하게 V_{DIRECT} 값을 다시 잡아야 한다.

(5) 케이블이 연결된 각각의 안테나를 가지고, 유효성 평가를 위한 각각의 주파수에서 신호 레벨을 기록한다. 이 값이 식 (4)에서 사용되는 V_{SITE} 값이다. Frequency Swept 방법이나 Stepped Frequency Increment 방법이 사용될 수 있다. 만약 Stepped Frequency Increment 방법이 사용된다면 주파수 증분은 50 MHz가 되어야 한다.

(6) 식 (2) 또는 (3)에 안테나 사이의 거리 R 을 사용하여 이론적인 NSA를 계산한다. V_{DIRECT} , V_{SITE} 와 안테나 인자를 사용하여 식 (4)을 계산하고, 측정된 NSA가 식 (5)의 이론적인 NSA과 ± 4 dB 내에 들어가는 지를 확인한다.

(7) 회전 탁자를 사용하여 송신 안테나를 다음의 각도, 즉 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 그리고 315°로 회전시키고, 그 때의 모든 신호 레벨을 기록한다.

만약 이들 각도에서의 모든 V_{SITE} 측정값이 0° 에서의 V_{SITE} 값 이하라면 측정 높이와 위치에서의 유효성 평가는 마무리 된다. 만약 이들 각도 중의 어느 각도에서 V_{SITE} 측정값이 0에서의 V_{SITE} 값을 초과한다면 얻어진 V_{SITE} 의 최대값을 이용하여 과정 (6)의 이상적인 NSA과의 비료를 반복한다.

(8) 4-2절에 규정된 대로 높이를 증가시키면서 피시험기기를 포함하는 영역의 최고 높이까지 과정 (5)~(7)을 반복한다.

(9) 수직 편파에 대해서 과정 (4)~(8)을 반복한다.

(10) 송신 안테나를 앞쪽 경계면 위치([그림 4] 참조)로 옮기고, 과정 (5)~(9)를 반복한다. 이러한 위치에서 과정 (7)에 대해 송신 안테나는 시험 영역의 중심으로부터 바깥쪽을 향하여 시험 영역의 경계면을 따라 움직인다. 또한 식 (2) 또는 (3)에서 사용되는 R 은 안테나가 [그림 4]에서 보인 것처럼 앞쪽 위치에 있을 때, 시험거리 D 와 같다. 이러한 원주 측정(periphery measurement)에 있어서 송신 안테나를 회전시킴에 따라 R 이 변하지만, 이론적인 NSA의 계산에는 $R=D$ 인 경우만 사용된다. 이와 마찬가지로 중심 위치에서의 유효성 평가에서도 과정 (5)~(7)에서 얻어진 최대 V_{SITE} 는 이론적인 NSA와 반드시 ± 4 dB 내에서 일치해야 한다.

4.4 시험장 감쇠량 편차

만약 시험장에 대한 NSA 측정치가 이론치에 대해 ± 4 dB 이상 벗어난다면 다음 몇가지 사항을 먼저 확인해야 한다.

- ① 측정 절차
- ② 안테나 인자의 정확도
- ③ 신호원의 표류(drift), 수신기나 스펙트럼 분석기 및 입력 감쇠기의 정확도
- ④ 사용된 케이블의 특성과 연결 상태

만약 측정된 NSA가 이론치와 차이가 나는 원인이 상기 원인들에 기인하지 않는다면, 시험에 사용된 전자파 흡수체가 적절치 못하기 때문일 수도 있다. 그럴 경우 문제 해결을 위해서는 첫째 바닥면에 놓인 전자파 흡수체의 면적을 넓힐 필요가 있고, 두 번째로는 전자파 흡수체의 크기를 키우거나 또는 시험주파수에서 전자파 흡수능을 개선시킬 필요가 있으며, 끝으로 시험장의 다른 측면에도 전자파 흡수체를 놓거나 또는 그 면에서의 전자파 흡수체의 흡수능을 개선시킬 필요가 있다.

4.5 안테나 인자의 결정

시험장에서 NSA를 측정하기 위해서는 정확한 안테나 인자가 필요하다. 일반적으로 안테나와 함께 공급된 안테나 인자는 일반적인 경우에 적용하기에는 대개 부적절하다.

많은 안테나 종류가 1~18 GHz 주파수 대역에서는 근역장 효과(near field effect)를 가지므로 1 GHz 이상의 주파수에서 NSA로 시험장의 유효성을 평가하기에는 자유공간 안테나 인자가 부적절할 수 있다. 안테나 인자에는 모든 근역장 효과가 빠져 있다.

따라서, 이러한 유효성 평가를 위한 안테나 인자 유도를 위해 다음의 지침을 적용하는 것을 권고한다.

(1) 가능한 한 유효성 평가에 사용할 동일한 안테나 한 쌍을 교정해야 하며, 그 한 쌍의 시험장 감쇠량 측정으로부터 안테나 인자를 유도해야 한다.

$$AF_1 = AF_2 = \frac{A_{12} - 20 \log R + 20 \log f - 32}{2} \quad (6)$$

여기에서, A_{12} 는 안테나 교정 시험장에서 측정된 두 안테나 사이의 감쇠량이다. 이렇게 얻어지는 안테나 인자는 시험장 유효성을 평가에 사용되는 안테나 한 쌍에 대해서만 유효한 안테나 인자를 제공한다. 만약 두 안테나(1과 2)가 동일하지 않다면 위의 AF_2 (수신안테나의 안테나 인자)는 피시험기기의

측정에 대해 유효하지 않을 수 있다.

(2) 가능한 한 안테나 인자는 두가지 안테나 간격, 즉 안테나 사이의 거리($R=D$)와 중심위치 사이의 거리($R=D+r$)에 대해서 반드시 측정되어야 한다.

(3) 시험장 유효성 평가에 사용하고자 하는 안테나 인자는 안테나 사이의 거리 R 과 동일하거나 큰 높이에서 접지면상, 혹은 장애물이 없는 시험장(안테나 교정 시험장)에서 수직 편파에 대해 얻을 수 있다. 이러한 조건은 이상적인 자유공간과 ± 0.5 dB 이내로 안테나 인자를 제공한다. 만약 거리 R 이 4 m를 초과할 경우, 안테나 인자는 두 안테나를 4 m의 높이에 설치하고, 두 안테나 사이에 20 dB(1 GHz~18 GHz) 이상의 수직 입사 감쇠량을 가지는 전자파 흡수체를 놓고 결정할 것을 권고한다.

(4) CISPR에서 권고하는 표준 방법^[9]과 다른 인정된 절차로 얻어진 안테나 인자는 시험장 유효성 평가에 사용될 수 있으며, 그 결과도 유효한 것으로 간주한다.

V. 결 론

최근 컴퓨터 CPU의 동작주파수가 급속하게 높아지고 PCS, IMT-2000 등과 같은 이동전화의 사용주파수도 계속해서 높아짐에 따라 미연방통신위원회(Federal Communication Commission)에서는 5 GHz까지의 복사 방출 시험을 요구하고 있다. IEC 61000-4-3 복사 내성 시험규격도 휴대폰 주파수인 2 GHz까지 확장되었으며 IMT-2000, Bluetooth 등 새로운 이동통신 서비스가 속속 개발됨에 따라 18 GHz까지 시험주파수가 확장되는 추세이다.

본 고에서는 1 GHz 이상 주파수 대역에서의 EMI/EMC 측정 표준과 관련하여 IEC/CISPR A 소위원회 산하의 소작업반(Ad hoc MAG)에서 “1 GHz 이상에서의 시험장 평가 및 측정 방법(Measurement Method above 1 GHz)”에 대해 현재 진행중인 표준화 연구와 활동에 대해 표준화 문서를 중심으로 기

술하였다.

본문에서 기술한 바와 같이 1 GHz 이상의 주파수 대역에서의 전자파 적합성(EMC) 시험을 위해 현재 진행중인 표준화 활동은 측정기기에 대한 요구사항, 측정 방법, 그리고 시험을 위한 측정 시설에 대한 평가 방법 등이다. 이외에도 스펙트럼 분석기를 이용하여 1 GHz 이상에서의 방해파를 측정하기 위해서 추가적으로 진폭확률분포(Amplitude Probability Distribution) 측정 기능을 적용하도록 하는 연구가 진행중이다^[12]. 현재 1 GHz 이하의 주파수 대역에서는 준첨두(quasi-peak) 값으로 방해파의 제한을 명시하는데, 기존의 아날로그 통신에서는 준첨두 값이 방해파에 의해 발생하는 간섭 정도와 관련이 있기 때문이다. 그러나 최근 사용이 증가하고 있는 디지털 신호의 품질은 BER(Bit Error Rate)로 표시한다는 점에서, 방해파의 통계적 지수, 즉 진폭확률분포와 같이 BER과 상관관계가 있는 값으로 방해파를 제한하자는 것이다.

현재 IEC/CISPR를 비롯한 전자파 적합성 관련 국제 표준화 기구에서는 빠르게 변화하고 있는 환경에 맞도록 필요한 연구를 수행하여 각종 표준안들을 보다 엄격하게 개정하고 있으며, 각국의 전문가들은 이 과정에서 자국의 의견이 반영될 수 있도록 활발한 활동을 하고 있다. 차후 개정된 규제들을 적용하고, 명실상부한 IT 강국으로 자리매김하기 위해서는 관련 서비스에 대한 연구(개발을 위한 투자와 더불어 ITE 기기를 비롯한 각종 전자(전기) 기기)에 대한 전자파 적합성 관련 연구 및 표준화 활동에 대한 지원도 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 국제전기기술위원회(IEC), <http://www.iec.ch>
- [2] 국제무선장해특별위원회(CISPR), http://www.iec.ch/zone/emc/emc_cis.htm

- [3] 권중화, 박현호, 최형도, 이형수, "전자파장해 (EMI/EMC) 표준화 및 연구동향", 전자통신동향분석, 16(3), 2001년 6월.
- [4] CISPR/A/422A/RM, "Minutes of meeting of SC A held in Christchurch, New Zealand", Nov. 2002.
- [5] CISPR 16: Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods, Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus, 1999.
- [6] CISPR 16: Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods, Part 2: Methods of measurement of disturbance and immunity, August 1999.
- [7] CISPR/A/406/CD, "Measurement methods above 1 GHz", August 2002.
- [8] CISPR/A/400/CD, "Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz; Subclause 5.12.2 Validation of the test site", July 2002.
- [9] CISPR/A/342/CD, "Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency range 1 GHz to 18 GHz; Subclause 5.12.2 Validation of the test site", Nov. 2002.
- [10] Albert A. Smith, Robert F. German and James B. Pate, "Calculations of Site Attenuation from Antenna Factor", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. EMC-24, no. 3, August 1982.
- [11] Roger A. McConnell, Clark Vitek, "Calibration of Fully Anechoic Rooms and Correlation with OATS Measurements", *IEEE International Symp. on EMC*, Santa Clara, CA, Aug. 1996.
- [12] CISPR/A/346/NP, "Amendment to CISPR 16-1 Clause 4.5.2: Spectrum analyzers and scanning receivers for the frequency range 1 GHz to 18 GHz", Dec. 2001.

≡필자소개≡

권 중 화



1994년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1999년 2월: 충남대학교 전파공학과 대학원 전파공학 전공 (공학석사)
 1999년 1월~현재: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 전파기술연구부 연구원

[주 관심분야] 전자기 이론, EMI/EMC

최 형 도



1986년 2월: 고려대학교 재료공학과 (공학사)
 1989년 8월: 고려대학교 재료공학과 대학원 (공학석사)
 1996년 8월: 고려대학교 재료공학과 대학원 (공학박사)
 1997년 1월~현재: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 전파기술연구부 선임연구원

[주 관심분야] EMI/EMC, 전자파 인체영향