

기가 헤르츠 대역 전자파 무반사실 평가용 송신
안테나 특성

공성식 · 정삼영

전파연구소

I. 서 론

국제적으로 전자파 장애(electromagnetic interference)와 전자파 감수성(electromagnetic susceptibility)에 관한 기술 표준의 제정과 개정의 업무는 국제 전파 장애 특별위원회(International Special Committee on Radio Interference)가 수행해 오고 있다.

CISPR는 1999년부터 주파수 1 GHz 이상의 대역에서 EMI 규제를 위한 허용 기준, 시험 방법, 측정 기 규격, 그리고 시험장 적합성 평가를 위한 규격의 개발을 위해 여러 과제를 진행하여 왔다. 현재 이들 과제의 대부분은 종료되어 국제 규격에 포함되어 발간되었거나 과제의 최종 단계로서 진행되고 있다. 진행 단계의 과제 중 가장 관심 있게 지켜봐야 할 표준은 EMI 시험장 성능 평가에 관한 기술 기준이다. 이 과제는 현재 평가 방법, 적합성 평가 기준 및 평가용 송신 안테나의 규격 등에 있어서 기술적인 보완이 요구된다.

본 고에서는 CISPR에서 진행 중인 시험장 성능 평가 분야에 대한 최신 표준화 작업 동향과 기가 헤르츠 대역 EMI 시험장 평가용으로 자체 개발한 송신 안테나의 특성을 살펴보았다.

II. 국제 표준화 동향

기가 헤르츠 대역의 EMI 시험장 적합성 평가를 위한 CISPR 기술기준은 <표 1> 및 <표 2>와 같이 "Site Validation Above 1 GHz"의 제목으로 첫 번째 위원회 기술 문서가 2001년 2월 발표된 이후 작업반 활동이 계속 진행되었으며, 최근 2005년 7월에 각국

위원회의 의견을 확인하기 위한 투표 문서가 발표되었다. 초기 작업반에서는 주파수 1 GHz 이하에서 적용되고 있는 정규화 시험장 감쇄량(normalize site attenuation) 평가 방법을 검토하였으나, 2003년부터 시험장 전압정재파비(site voltage standing wave ratio) 방법이 검토되기 시작하였다.

현재 CISPR 작업반에서 검토되고 있는 주요 이슈는 적합성 평가에 적용할 기준, 송신 안테나의 규격과 안테나의 개발 및 시험장 평가 절차로 요약된다.

<표 1> CISPR의 시험장 적합성 평가 방법 프로젝트

	구분
프로젝트 번호	CISPR 16-1-4 Amd2 f3 Ed.1.0
제목	Site Validation Above 1 GHz
작업반	Working Group 1
프로젝트 책임자	미국 Clark Vitek

<표 2> CISPR의 시험장 평가 방법 주요 진행 상황

진행 일자	평가		관련문서
	방법	기준(dB)	
2001. 2.	NSA	-	CISPR/A/303/CD
2001. 11.	NSA	-	CISPR/A/342/CD
2002. 7.	NSA	-	CISPR/A/400/CD
2003. 5.	SVSWR	2.0	CISPR/A/451/CD
2004. 1.	SVSWR	3.0	CISPR/A/500/CD
2004. 6.	SVSWR	3.5	CISPR/A/531/CD
2005. 7.	SVSWR	5.0	CISPR/A/602/CDV

1 GHz 이상의 시험장은 기가 헤르츠 이하의 시험장과는 달리 자유공간의 조건을 확보하기 위하여 접지된 바닥면에 20 dB 이상의 반사 손실 특성을 갖는 흡수체를 설치해야 한다. 현재 CISPR 작업 문서는 시험장을 평가하는 방법으로 SVSWR 측정방법을 제안하고 있다. 시험장 평가시 적용하는 적합성 기준으로는 2005년 7월까지 CISPR/A/602/CDV 문서에서 5 dB의 완화된 규격으로 검토하고 있었으나, 같은 해 10월 남아공 CISPR 작업반 회의에서 여러 국가위원들이 제시된 방법으로 실험한 결과 5 dB도 엄격하다는 의견이 많았으며, 따라서 보다 완화된 6 dB가 적용된 새로운 CDV 문서가 작성되어 회람될 예정이다.

III. 기가 헤르츠 대역 EMI 시험장 평가

3-1 시험장 평가 기술

기가 헤르츠 대역의 EMI 시험장은 자유공간 조건을 확보하기 위해 성능 평가 방식으로 안테나 시험장의 성능 평가시 적용하고 있는 시험장 전압정재파비(SVSWR) 측정방법을 적용한다. SVSWR 값은 수식 (1) 및 (2)와 같이 수신되는 신호의 최대값과 최소값의 비로써 구한다.

$$S_{VSWR} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{V_{max}}{V_{min}} \quad (1)$$

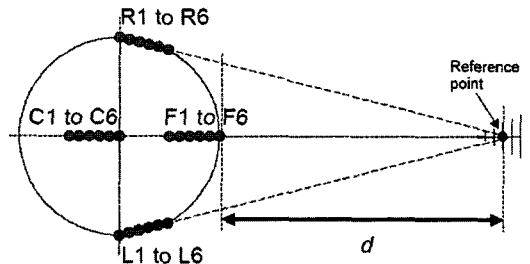
$$S_{VSWR\ dB} = 20 \cdot \log\left(\frac{E_{max}}{E_{min}}\right) = V_{max\ dB} - V_{min\ dB} \quad (2)$$

여기서, $V_{max\ dB}$: 수신 신호 최대값

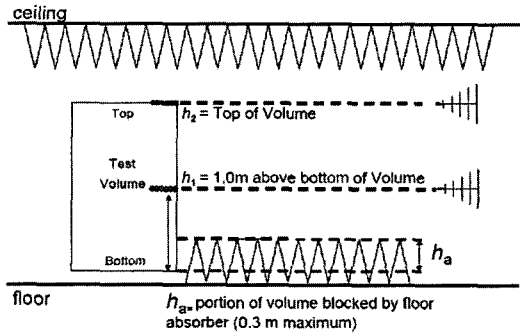
$V_{min\ dB}$: 수신 신호 최소값

시험장 평가를 위해 송신 안테나는 전 방향성(omnidirectional) 복사 패턴 특성의 안테나를 사용하며, 시험장에서 송신 안테나의 위치는 [그림 1]과 [그림 2], 그리고 <표 3>과 같다.

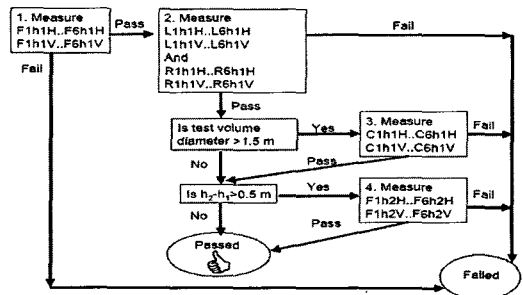
최대 및 최소값 측정을 위한 송신원의 위치로는 [그림 3]의 설명과 같이 우선적으로 시험공간의 전면과 오른쪽, 왼쪽을 선정하며, 시험 공간의 지름이 1.5 m 이상일 때 시험 공간의 중심 지점도 포함한다. [그림 2]와 같이 피시험체의 최대 높이 h_2 가 h_1 보다 0.5 m 이상일 때 h_2 지점의 전면에 송신원을 위치시



[그림 1] 송신 안테나의 측정 위치 선정



[그림 2] 송신 안테나의 높이 변화에 따른 측정 위치 선정



[그림 3] 측정 흐름도

<표 3> 송신 안테나의 측정 위치에 따른 정재파비 계산식

위치	높이	편파	Type	SVSWR(dB)
전	h_1	수평	요구됨	$=\text{Max}(S'F1h1H \cdot S'F6h1H) - \text{Min}(S'F1h1H \cdot S'F6h1H)$
전	h_1	수직	요구됨	$=\text{Max}(S'F1h1V \cdot S'F6h1V) - \text{Min}(S'F1h1V \cdot S'F6h1V)$
우	h_1	수평	요구됨	$=\text{Max}(S'R1h1H \cdot S'F6h1H) - \text{Min}(S'R1h1H \cdot S'F6h1H)$
우	h_1	수직	요구됨	$=\text{Max}(S'R1h1V \cdot S'F6h1V) - \text{Min}(S'R1h1V \cdot S'F6h1V)$
좌	h_1	수평	요구됨	$=\text{Max}(S'L1h1H \cdot S'F6h1H) - \text{Min}(S'L1h1H \cdot S'F6h1H)$
좌	h_1	수직	요구됨	$=\text{Max}(S'L1h1V \cdot S'F6h1V) - \text{Min}(S'L1h1V \cdot S'F6h1V)$
중심	h_1	수평	조건부	$=\text{Max}(S'C1h1H \cdot S'F6h1H) - \text{Min}(S'C1h1H \cdot S'F6h1H)$
중심	h_1	수직	조건부	$=\text{Max}(S'C1h1V \cdot S'F6h1V) - \text{Min}(S'C1h1V \cdot S'F6h1V)$
전	h_2	수평	조건부	$=\text{Max}(S'F1h2H \cdot S'F6h2H) - \text{Min}(S'F1h2H \cdot S'F6h2H)$
전	h_2	수직	조건부	$=\text{Max}(S'F1h2V \cdot S'F6h2V) - \text{Min}(S'F1h2V \cdot S'F6h2V)$

킨 상태로 측정을 수행한다. 송신원 위치를 고려한 측정위치 선정은 <표 3>과 같으며, 각 위치에서 측정된 값을 <표 3>의 수식에 대입하여 전압정재파비를 구하여 시험장 적합성 기준과 비교하여 평가한다.

3-2 시험장 평가용 송신 안테나

3-2-1 CISPR 요구 특성

CISPR에서는 기가 헤르츠 대역 EMI 시험장 평가를 위한 송신 안테나의 특성으로 수신 안테나와의 송·수신 방향성 오차(alignment error)를 최소화하기 위하여 상당히 엄격한 전방향성 복사 패턴을 요구하고 있다. CISPR/A/602/CDV 문서에서 요구하는 송신 안테나의 복사 패턴은 [그림 4]와 같으며, 전체 E-plane과 자계 H-plane의 각 복사 패턴에 대한 금지 영역이 그림에 설정되어 있다. 각 금지 영역은 <표 4>와 같이 E-plane에서는 $-3 \text{ dB} @ \pm 15^\circ$, $-5 \text{ dB} @ \pm 30^\circ$, $-7 \text{ dB} @ \pm 45^\circ$ 로, H-plane에서는 $-3 \text{ dB} @ \pm 135^\circ$ 로 규정하고 있다.

2005년 10월 남아공 CISPR 작업반 회의에서 CISPR

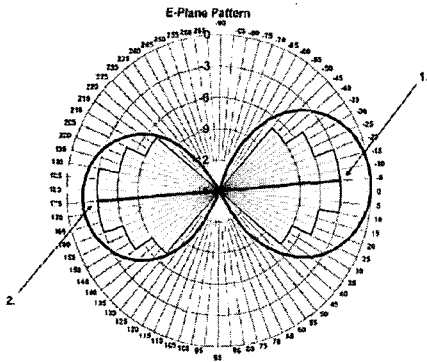
<표 4> CISPR에서 제시하는 복사 패턴 특성

Plane 각도	E-Plane	H-Plane
$\pm 15^\circ$	-3 dB	-
$\pm 30^\circ$	-5 dB	-
$\pm 45^\circ$	-7 dB	-
$\pm 135^\circ$	-	-3 dB

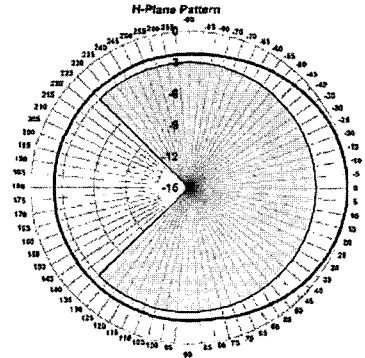
/A/602 요구 패턴 중 [그림 5(a)]에서 원으로 표시된 모서리 부분에서 만족시키기 어렵다는 독일 Dunker의 의견이 있었으며, 대안으로 [그림 5(b)]의 복사 패턴을 제시하였다. 이 결과에 대한 각국의 의견 수렴은 조만간 진행될 예정이다.

3-2-2 Round Robin 안테나 특성

CISPR 작업반 그룹에서 개발한 안테나와 오스트리아 A. Kriz가 개발한 안테나의 복사 패턴은 각각 [그림 6] 및 [그림 7]과 같다. H-plane의 복사 패턴 특성은 대체로 양호하나 E-plane 패턴에서 아래쪽으로

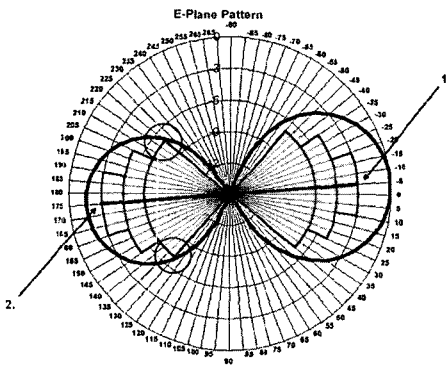


(a) E-plane 금지구역

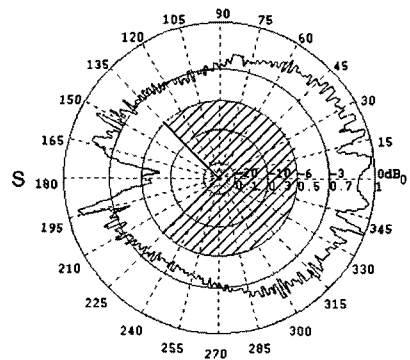
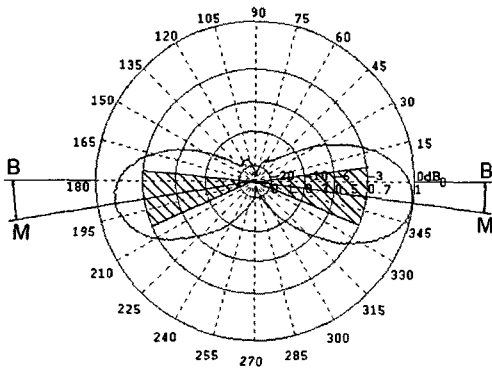
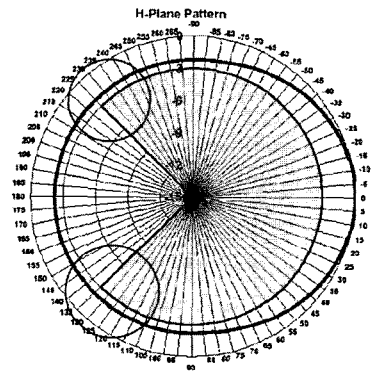


(b) H-plane 금지구역

[그림 4] 송신 안테나 전방향성 복사 패턴 특성

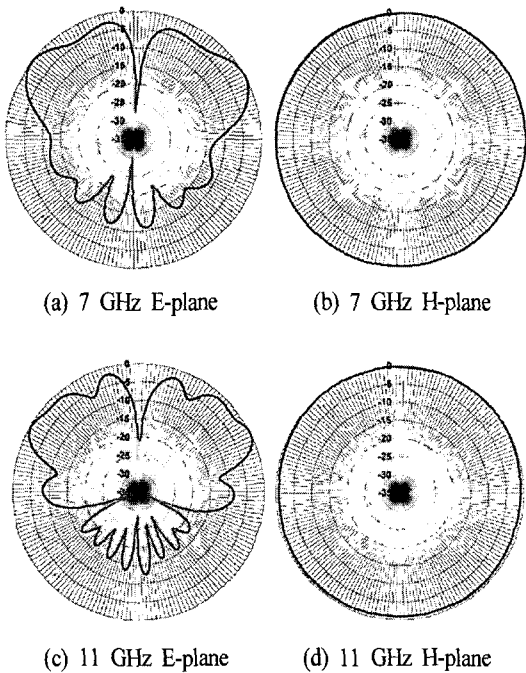


(a) CISPR/A/602/CDV 복사 패턴의 문제 부위

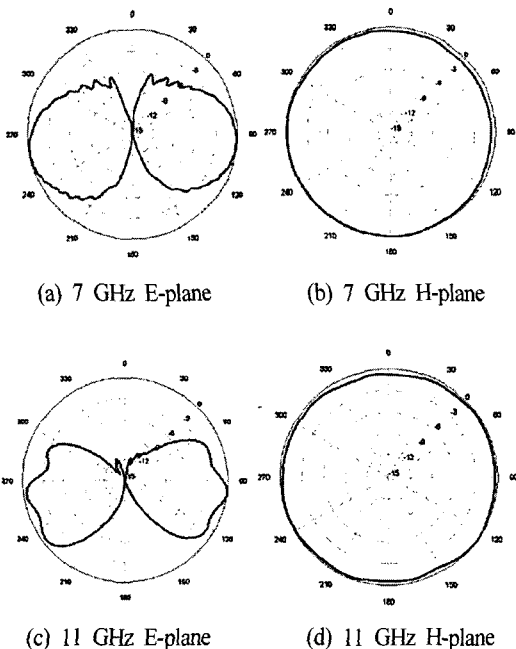


(b) 독일 Dunker가 제시한 새로운 복사 패턴

[그림 5] CISPR/A/602 요구 복사 패턴과 수정 요구 복사 패턴



[그림 6] CISPR 작업반 개발 송신 안테나의 복사 패턴

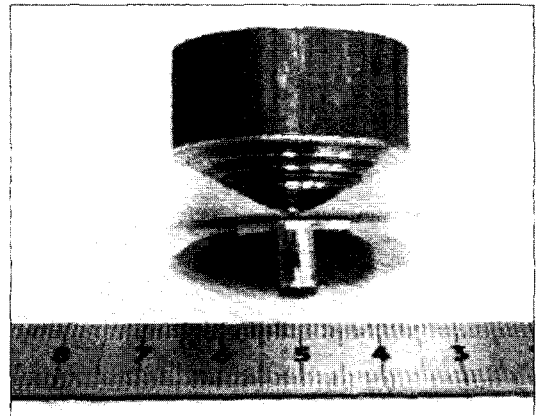


[그림 7] A. Kriz 안테나의 복사 패턴

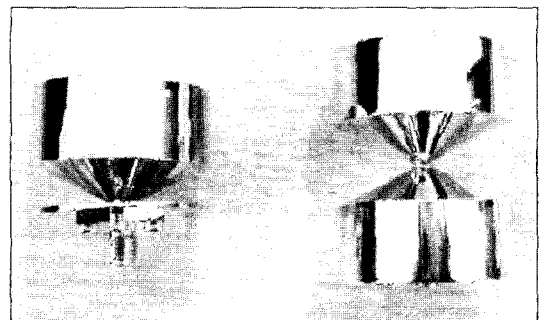
많은 왜곡(distortion)이 발생하여 CISPR의 요구 특성을 만족하지 못하고 있다.

3-2-3 자체 개발 안테나 특성

기가 헤르츠 대역 EMI 시험장 평가를 위해 필요한 광대역 특성을 갖는 안테나를 개발하기 위해 [그림 8]과 같이 초기 단계에서는 모노콘(mono-cone) 구조로 설계하였으며, 이에 대한 시뮬레이션(simulation) 결과와 특성 조사 결과는 각각 [그림 9] 및 [그림 10]과 같다. 시뮬레이션 결과와 제품의 복사 패턴 측정 결과의 차이는 수공에 따른 제작상의 오차로 인해 발생한 것으로 판단되며, 이러한 문제점을 없애기 위해 [그림 8(b)]와

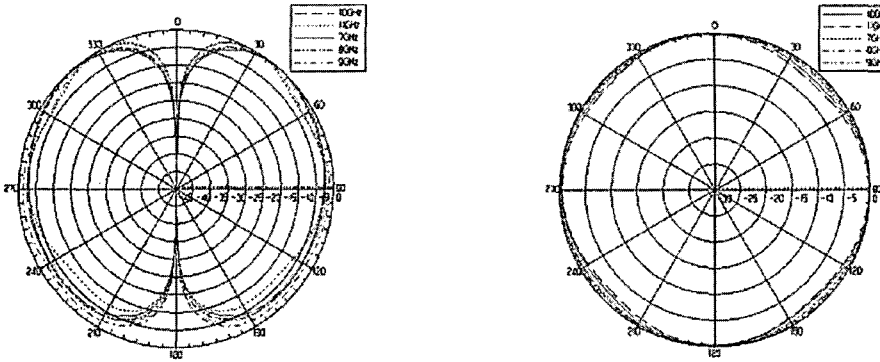


(a) 수공 샘플 안테나

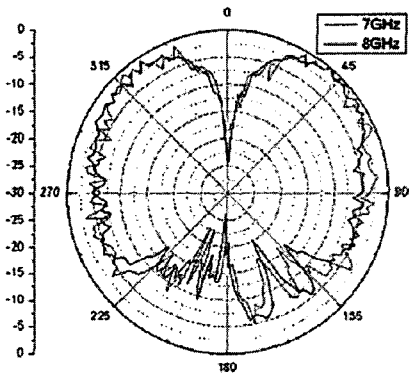


(b) 정밀 제작된 안테나

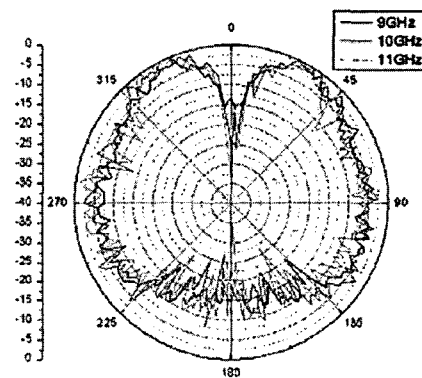
[그림 8] 제작된 시험장 평가용 송신 안테나



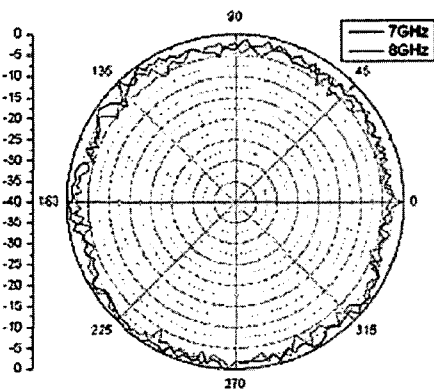
[그림 9] 안테나의 복사 패턴 시뮬레이션



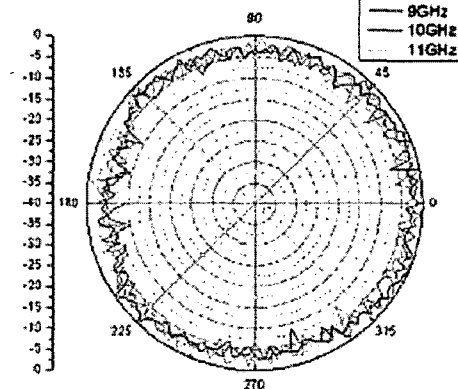
(a) 7~8 GHz E-plane



(b) 9~11 GHz E-plane



(c) 7~8 GHz H-plane



(d) 9~11 GHz H-plane

[그림 10] 제작된 안테나의 복사 패턴

같이 음 손실을 최소화하는 금 도금(goldcoating)을 하는 등 정밀하게 제작하였다. 또한 일반적으로 모노콘보다 복사 패턴이 양호한 바이콘(Bi-cone) 형태의 안테나도 설계 및 제작하여 그 특성을 조사하는 중이다.

IV. 결 론

기가 헤르츠 대역 주파수 범위에 대한 전자파 장해 방지 표준을 만들기 위해 CISPR는 수년 동안 많은 노력을 해왔다. 그 결과 최근 정보 통신 기기에 대한 전자파 장해 방지 허용기준이 주파수 6 GHz까지 설정되었으며, 전자파 장해 측정 방법, 측정 기기 조건 등 대부분의 규격이 완성되었다. 현재 계속 진행 중인 규격으로는 시험장 평가에 관한 표준이 있으며, 평가 방법, 송신 안테나의 특성 확보 등이 주요 과제로 남아 있다.

CISPR A 작업반에서 수행하고 있는 송신 안테나 특성에 대한 문제점을 분석하고 더욱 개선된 방법으로 자체 개발한 안테나를 측정된 결과, CISPR에서 round robin 중인 안테나 보다 더욱 양호한 복사 패턴을 얻을 수 있었으며, 현재 주파수 14 GHz까지 CISPR의 요구 특성이 확보되었다. 따라서 본 결과를 2006년 4월 CISPR 작업반 회의에 제시하고, 지속적인 연구로 18 GHz까지 특성이 확보될 수 있도록 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] CISPR/A/303/CD, Amendment to CISPR 16-1: Clause 5.12: Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency 1 GHz to 18 GHz; Subclause 5.12.2: Validation of the test site, Feb. 2001.
- [2] CISPR/A/342/CD, Amendment to CISPR 16-1: Clause 5.12: Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency 1 GHz to 18 GHz; Subclause 5.12.2: Validation of the test site, Nov. 2001.
- [3] CISPR/A/400/CD, Amendment to CISPR 16-1: Clause 5.12: Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency 1 GHz to 18 GHz; Subclause 5.12.2: Validation of the test site, Jul. 2002.
- [4] CISPR/A/451/CD, Amendment to CISPR 16-1: Clause 5.12: Test sites for measurement of radio disturbance field strength for the frequency 1 GHz to 18 GHz; Subclause 5.12.2: Validation of the test site, May 2003.
- [5] CISPR/A/500/CD, Site evaluation above 1 GHz, Jan. 2004.
- [6] CISPR/A/531/CD, Site evaluation above 1 GHz, Jun. 2004.
- [7] CISPR/A/602/CDV, Site evaluation above 1 GHz, Jul. 2005.
- [8] CISPR/A/WG2(Kriz) 04-01, Radiation pattern of a conical monopole, Mar. 2003.
- [9] CISPR/A/WG1(Hall) 04-01, Site validation above 1 GHz, Feb. 2004.
- [10] CISPR/A/WG1(Kriz) 05-01, New omni-directional antennas above 1 GHz, Mar. 2005.
- [11] CISPR/A/WG1(Cape Town/Germany) 05-03, Oct. 2005.

≡ 필자소개 ≡

공 성 식



현재: 전파연구소 공업연구사
[주 관심분야] 전자파 측정기술, EMC 국
제표준, 전자파 수치해석, 안테나 설계

정 삼 영



현재: 전파연구소 공업연구관
[주 관심분야] 전자파 측정기술, EMC 국
제표준, 전자파 수치해석