

안테나 및 EMC/EMI 측정을 위한 다용도 전자파무반사실 구현

권 범 · 김주완

SK 텔레콤 중앙연구원

요 약

전자파무반사실을 구축하기 위해서는 많은 비용이 요구되므로 하나의 전자파무반사실을 여러가지 용도로 사용하는 것은 공간적, 경제적으로 매우 효율적이다. 본 논문에서는 현재 SK 텔레콤에서 운용중인 안테나 및 EMC/EMI 측정을 위한 다용도 전자파무반사실에 대하여 설명하고 그 성능에 대한 측정결과를 제시한다.

이 전자파무반사실은 150 MHz에서 40 GHz까지의 주파수 범위까지 Far Field와 Near field에 대한 안테나 측정이 가능한 안테나 측정시스템과 측정 환경을 보유하고 있으며, EMC/EMI 측정을 위한 ANSI C63.4와 CISPR 16.1의 요구조건을 모두 만족하고 있다.

Abstract

Due to the high cost of constructing anechoic chamber, the multi-usage of a chamber in various applications is very effective in terms of cost as well as space. In this paper, we describe an anechoic chamber currently used at SK Telecom in Korea. This is designed for the measurements of both far/near field antenna and EMC/EMI in the identical chamber.

This anechoic chamber and measurement system support antenna test in the frequency range of 150 MHz to 40 GHz and meet the requirement of ANSI C63.4 and CISPR 16.1 for EMC/EMI.

I. 서 론

SK 텔레콤은 셀룰라 이동전화와 무선호출에 대한 국내 최대의 이동통신 사업자로서, 1996년 1월에 세계 최초로 CDMA 이동전화 상용화를 성공시키고 현재 600만명의 이동전화 가입자를 확보하고 있다. SK 텔레콤은 통화품질 향상 및 서비스 용량 증가를 위해 새로운 기술개발에 주력하고 있다.

안테나의 패턴, 이득 등과 같은 안테나의 제반 파라미터들은 이동전화 및 무선호출을 위한 무선망을 설계하는데 매우 중요한 요소들이다. 기지국용 안테나로는 주로 6 dBi 에서 16 dBi 의 이득과 30 cm 에서 3m 길이를 가진 안테나가 사용되고 있다. 그 형태는 패널 안테나와 같은 지향성 안테나 뿐만 아니라, 전방향성 안테나도 사용되고 있다. 그리고 자동차의 점화잡음과 기지국 장비 및 교환기에 대한 EMC/EMI도 안정적인 서비스 제공을 위해 고려되어야 한다. 그러므로 SK 텔레콤은 안테나 및 EMC/EMI 측정이 가능한 다용도의 전자파무반사실을 설계하여 구축하였다.

안테나 측정을 위한 전자파무반사실과 EMC/EMI 측정을 위한 전자파무반사실에 대해 요구되는 조건은 서로 간에 매우 큰 차이가 있다. 구조적으로는 안테나 측정을 위한 전자파무반사실은 전무향실이 요구되지만 EMC/EMI 측정을 위한 전자파무반사실은 반무향실이 요구된다. 그리고 측정하는 주파수 범위는 안테나 측정의 경우에는 상대적으로 높은 주파수에서 측정하지만, EMC/EMI 측정의 경우에는 상대적으로 낮은 주파수 범위에서 측정하므로 양쪽의 요구에 적합한 전자파무반사실

을 설계하고 구현하는 것은 매우 어려운 일이다.

II. SK 텔레콤의 전자파무반사실 구조

설계된 전자파무반사실은 22.7m(L) × 11.0m(W) × 9.5m(H)의 크기를 가진 직육면체 형태이다. 다양한 형태와 크기, 그리고 흡수성을 가진 전파흡수체가 요구되는 성능과 경제성을 고려하여 배열되었다. 낮은 주파수 범위에서의 시험장 감쇄량 성능을 향상시키기 위하여 천정 및 4개의 측면에 위치하는 전파흡수체와 전자파무반사실의 형체를 형성하는 차폐벽 사이에는 페라이트 타일을 부착하였다.

Near Field Scanner는 3m × 3m 크기의 정방형이다. Near Field 측정과 Near Field 측정을 위해 요구되는 거리는 각각 식 (1)과 식 (2)와 같다 [1],[2]

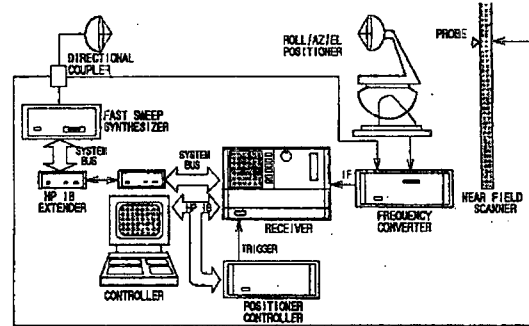
$$3\lambda < R - \frac{2D^2}{\lambda} \quad (1)$$

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

여기서 R 은 Scanner와 피측정 안테나 간의 거리이며, D 는 피측정 안테나의 크기 그리고 λ 는 파장이다.

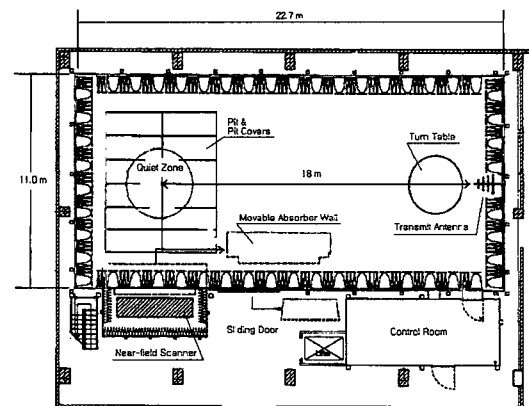
Scanner와 피측정 안테나 간에는 Near Field 측정을 위해 필요한 요구거리에 맞출 수 있도록 5m 길이의 Sliding Rail이 바닥에 깔려 있다. 자동화된 측정 소프트웨어는 Planar, Cylindrical 그리고 Spherical Near Field 측정이 가능하다. Far Field 측정시에는 이 Near Field Scanner는 움직일 수 있는 흡수체 벽으로 가려진다.

Far Field 안테나 측정을 위하여, 이 전자파무반사실은 직경 3.5m의 Quiet Zone을 가지도록 설계되었다. 송신안테나와 Quiet Zone의 중심에 놓여진 피측정 안테나 간의 거리는 18m이다.



[그림 1] SK 텔레콤에서 사용중인 안테나 측정시스템의 구성도

[Fig. 1] Diagram of antenna measurement system using by SK telecom.



[그림 2] SK 텔레콤 전자파무반사실의 구성도

[Fig. 2] Anechoic chamber configuration of SK Telecom.

EMC/EMI 측정을 위해서는 반무향실이 요구되므로, EMC/EMI 측정시에는 전자파무반사실의 바닥에 배열된 전파흡수체들은 모두 밖으로 이동되어 별도로 준비된 보관실에 저장된다. 접지면은 건물의 바닥면으로부터 1.5m 높이에 있으며, EMC/EMI 측정 시에는 피측정 안테나 취부를 위한 Positioner는 눕혀지게 되어 접지면 보다 낮아져, 접지면과 연결되는 철판으로 가려지게 된다.

Ⅲ. 설계된 전자파무반사실의 성능 측정

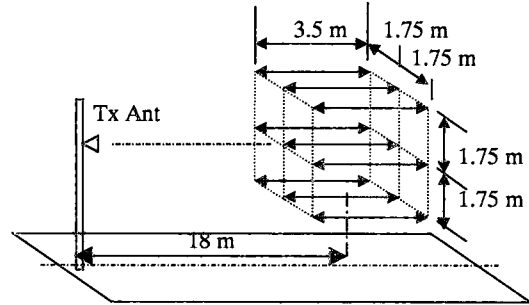
3-1 안테나 측정을 위한 성능 측정

안테나 측정을 위한 전자파무반사실은 보통 정재파비법 (VSWR method)으로 성능 확인을 실시한다^{[3],[4]}. 간섭패턴의 침투값은 식 (3)과 같이 데시벨 단위로 표현된 반사파 E_R 대 직접파 E_D 간의 비를 나타낸다.

$$\frac{E_R}{E_D} (dB) = 20 \log \left[\frac{-1 + \text{anti log} (\sigma/20)}{1 + \text{anti log} (\sigma/20)} \right] \quad (3)$$

여기서 σ 는 측정된 간섭패턴의 최대 침투값과 최소 침투값의 차이이다.

Quiet Zone의 Quietness 또는 Reflectivity는 그림3에 표시된 여러 부위의 위치에서 측정되었다. 이 모든 위치에서의 측정은 수직과 수평편파인 두 가지의 편파에 대해 여러 방향으로 향한 Probe 안테나로 반복하여 측정되었다. 측정에 사용된 주파수와 Probe 안테나는 <표 1>에 나타내었으며, 측정된 Reflectivity는 <표 2>와 같다. 측정된 결과는 측정된 편파와 Probe 안테나의 방향에 따라 다양한 결과를 보여주고 있다. 이는 Probe 안테나의 방향에 따른 안테나 이득의 차이와 전자파무반사실 내의 구조물, 즉 폐쇄회로 카메라, 환기구, 조명등 등에 의한 전파반사 등에 기인한 것으로 판단된다. 그리고 낮은 주파수의 영역에서, 설계된 성능에 비해 측정된 성능이 미흡한 것은 낮은 주파수 측정 시 상대적으로 큰 안테나가 측정에 사용되어 Quiet Zone을 Scanning시에 기계적인 진동에 의해 영향을 받은 것으로 추측된다. 이에 대한 세밀한 연구가 향후 진행되어야 한다. 측정된 결과 중 대표적인 몇 가지의 결과를 [그림 4]에서 [그림 6]에 제시하였다.



[그림 3] Quietness 측정 위치

[Fig. 3] Measurement positions of quietness.

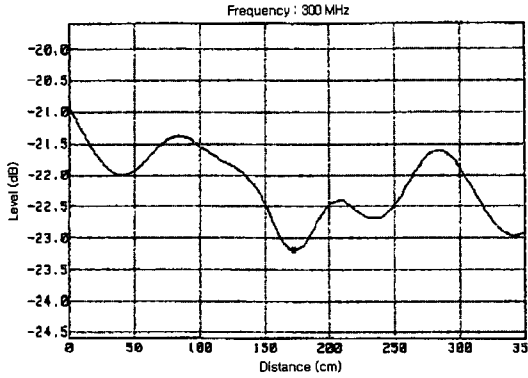
<표 1> 측정된 주파수와 측정에 사용된 탐지 안테나
<Table 1> The Measured Frequency and Probe Antennas.

Frequency	Antenna	Gain(dBi)
150 MHz	Log Periodic	8/8
300 MHz	Log Periodic	8/8
1 GHz	Corner Reflector	14/12.4
2 GHz	Corner Reflector	13.3/17.5
10 GHz	Standard Gain Horn	20/16
18 GHz	Standard Gain Horn	20/17
40 GHz	Standard Gain Horn	18/8

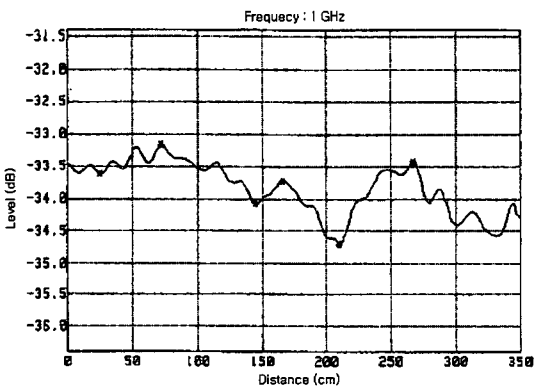
<표 2> Quiet Zone의 Reflectivity 측정결과

<Table 2> The Measured Results of Reflectivity in Quiet Zone.

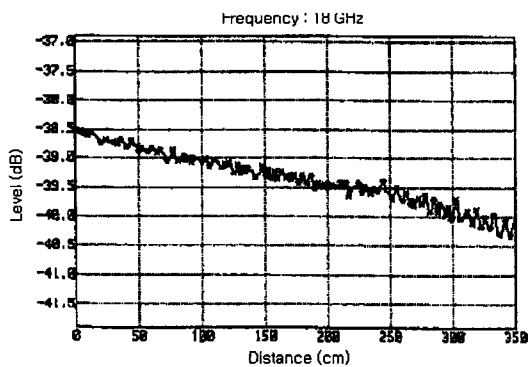
Frequency	Designed	Measured value
150 MHz	≤ -24 dB	Not measured
300 MHz	≤ -29 dB	-14 ~ 127 dB
1 GHz	≤ -44 dB	-18 ~ -30 dB
2 GHz	≤ -47 dB	-29 ~ -36 dB
10 GHz	≤ -47 dB	-40 ~ -67 dB
18 GHz	≤ -47 dB	-36 ~ -67 dB
40 GHz	≤ -47 dB	-49 ~ -74 dB



[그림 4] 공간적 간섭패턴 (300 MHz에서)
[Fig. 4] Spatial interference pattern at 300 MHz.



[그림 5] 공간적 간섭패턴(1 GHz에서)
[Fig. 5] Spatial interference pattern at 1 GHz.



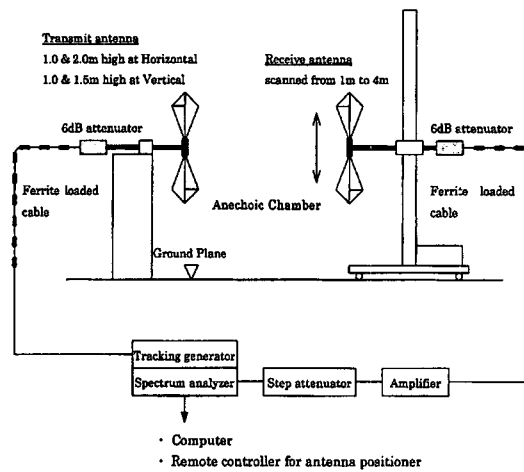
[그림 6] 공간적 간섭패턴 (18 GHz에서)
[Fig. 6] Spatial interference pattern at 18 GHz.

3-2 EMC/EMI 측정을 위한 성능 측정

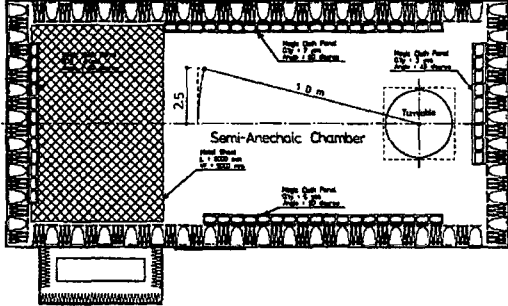
EMC/EMI 측정을 위한 전자파무반사실의 요구 성능인 시험장 감쇄량은 주파수 30 MHz에서 1,000 MHz의 범위에서 ANSI C63.4에서 규정한 절차에 따라 측정되었다^[5]. 30 MHz에서 300 MHz의 주파수 범위에서는 Biconical 안테나가 그리고 300 MHz에서 1,000 MHz의 주파수 범위에서는 Log-periodic 안테나가 송수신 안테나로 사용되었다.

수신 안테나는 접지면으로부터 1.0m의 높이에서 4.0m까지 Scanning을 하며, 송신 안테나는 접지면으로부터 수평편파 경우에는 1.0m와 2.0m의 높이에, 수직편파의 경우에는 1.0m와 1.5m의 높이에 고정되어 있다.

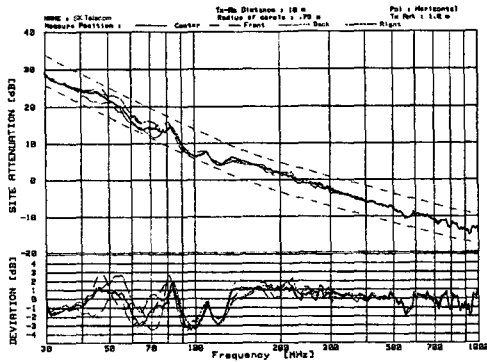
시험장 감쇄량 측정 시스템 구성은 [그림 7]과 같다. 측정 시스템에서 6 dB 감쇄기는 송신과 수신 을 위한 양쪽의 안테나 끝단에 임피던스의 부정합을 최소화하기 위하여 삽입되어 있다. 송신과 수신 을 위한 케이블에는 원치 않는 부가적인 방사를 방



[그림 7] 시험장 감쇄 측정시스템 구성도
[Fig. 7] The block diagram of test setup for site attenuation.



[그림 8] 시험장 감쇄 측정위치
 [Fig. 8] The position of site attenuation measurement.

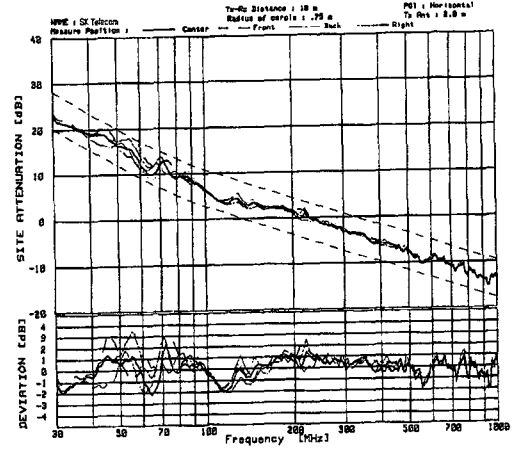


[그림 9] 시험장 감쇄량 측정 결과(수평편파, 송신 안테나 높이 1.0 m인 경우)
 [Fig. 9] Site attenuation test result(H-Pol, Tx antenna height 1.0 m).

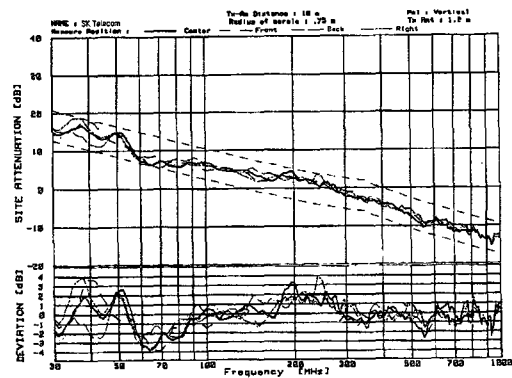
지하기 위하여 Ferrite Core가 부착되어 있다. 시험장 감쇄량에 대한 측정 위치는 [그림 8]에 나타내었다. 시험장 감쇄에 대한 측정결과는 NSA에 대한 이론치와 측정치 사이의 편차가 ± 4 dB 범위 내에 있어 요구성능을 만족함을 보여준다. 측정결과를 [그림 9]에서 [그림 12]에 나타내었다.

IV. 결론

본 논문에서는 현재 SK 텔레콤에서 사용하고



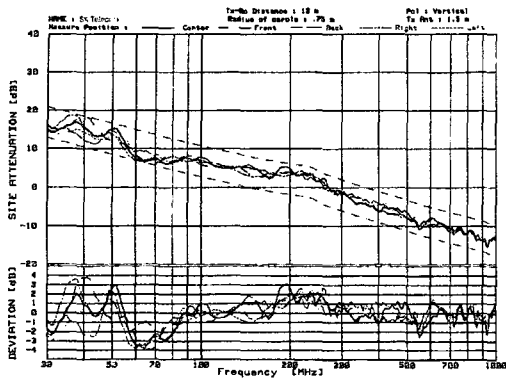
[그림 10] 시험장 감쇄량 측정 결과(수평편파, 송신 안테나 높이 2.0 m인 경우)
 [Fig. 10] Site attenuation test result(H-Pol, Tx antenna height 2.0 m).



[그림 11] 시험장 감쇄량 측정 결과(수직편파, 송신 안테나 높이 1.0 m인 경우)
 [Fig. 11] Site attenuation test result(V-Pol, Tx antenna height 1.0 m).

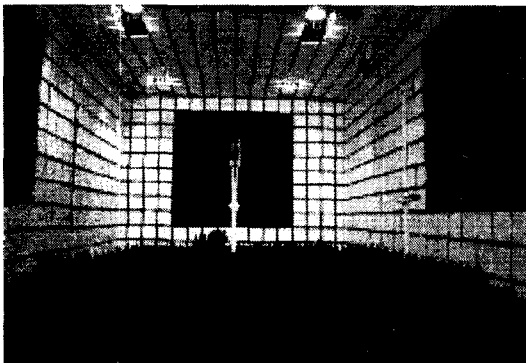
있는 전자파무반사실에 대한 구조를 설명하고, 그 성능에 대해 측정된 결과를 제시하였다.

이 전자파무반사실은 150 MHz에서 40 GHz의 주파수 범위에서 안테나 측정을 위한 측정시스템과 환경을 보유하고 있으며, EMC/EMI 측정을 위해 ANSI C63.4와 CISPR 16.1에서 요구하는 성능을



[그림 12] 시험장 감쇄량 측정 결과(수직편차, 송신 안테나 높이 1.5 m인 경우)

[Fig. 12] Site attenuation test result(V-Pol, Tx antenna height 1.5 m).

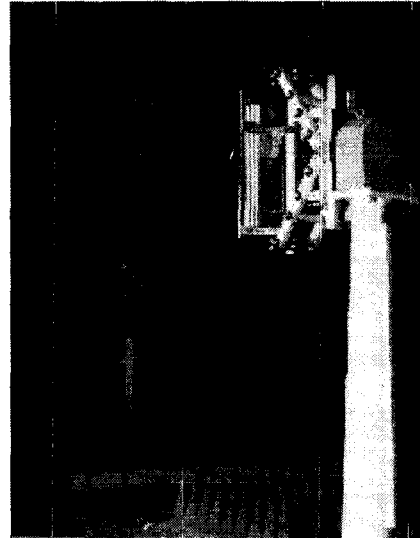


[그림 13] 원역장 측정시스템을 이용한 안테나 측정 장면

[Fig. 13] A scene of far field antenna measurement.

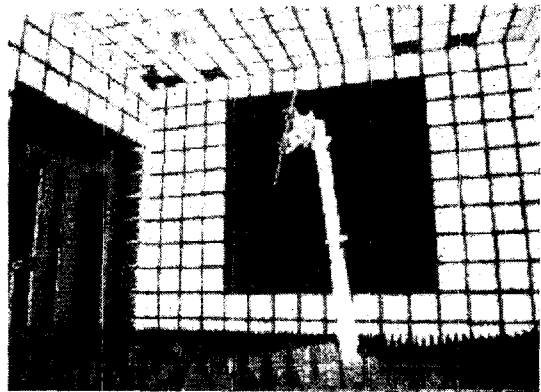
만족하고 있음을 증명하였다. 그러나 Probe 안테나의 방향과 측정 위치에 따른 Reflectivity의 변화를 발생시키는 원인에 대해서는 더 세밀한 연구가 진행될 것이다.

SK 텔레콤에서는 약 2년에 걸쳐 안테나 측정과 EMC/EMI 측정을 위한 다용도의 전자파무반사실을 설계 및 구축하였다. 전자파무반사실은 그 설계 및 구축에 많은 비용이 소요되므로 안테나 및



[그림 14] 근역장 측정시스템을 이용한 안테나 측정 장면

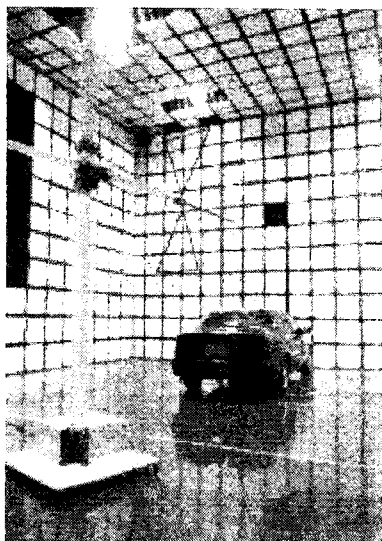
[Fig. 14] A scene of near field antenna measurement.



[그림 15] 원역장 측정 환경으로부터 근역장 측정 환경으로의 전환 장면

[Fig. 15] A scene of transforming from far field to near field measurement condition.

EMC/EMI 측정이 동시에 가능한 전자파무반사실은 공간적으로 경제적으로 매우 효율적이며, 그 설계 및 구현이 기술적으로 가능함을 보였다.



[그림 16] 자동차 점화잡음 측정 장면
 [Fig. 16] A scene of car ignition noise measurement.

참 고 문 헌

[1] Dan Slater, *Near-field Antenna Measurement*, Artech House, pp. 7-10, 1982.
 [2] Balanis, C. A., *Antenna Theory*, Harper & Row, New York, pp. 32-34, 1982.
 [3] Hollis, J.S., Lyon, T.J., and Clayton, L. Jr., Eds, *Microwave Antenna Measurements*, Atlanta, GA, Scientific-Atlanta, pp. 42-46 in chapter 14, 1970.
 [4] IEEE, *IEEE Standard Test Procedures for Antennas*, IEEE STD 149-1979, IEEE Inc., pp. 47-58, 1979.
 [5] ANSI C63.4, *American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz*, ANSI, 1992.

≡필자소개≡

김 주 완

1981년 2월: 서울대 전자공학과(공학사)
 1988년 2월: 서울대 대학원 전자공학과
 (공학석사)
 1995년 8월: 서울대 대학원 전자공학과
 (공학박사)
 현재: SK 텔레콤 중앙연구원 수석연구
 원
 [주 관심분야] 안테나 및 RF



권 범

1987년 2월: 한양대 전자통신공학과(공
 학사)
 1989년 2월: 한양대 대학원 전자통신공
 학과(공학석사)
 현재: SK 텔레콤 중앙연구원 선임연구
 원
 [주 관심분야] 안테나 및 전파이론, 이동전화 무선망 엔지
 니어링

