

# 반무반사실내 VHF 대역 안테나 측정환경 구현 Quiet Zone Implementation for VHF Antenna Measurement in Semi-Anechoic Chamber

문정익\*

Jung-Ick Moon\*

### Abstract

In this study, an effective echo-suppression and cancellation technique using reflectors in semi-anechoic chamber and time-domain measurement is proposed. By using the proposed technique, the uniformity of electric field in QZ(Quiet Zone) could be improved and the antenna test environments similar to the fully anechoic chamber could be accomplished. The performances of the proposed test environments is verified with the simulated and measured data. And it is demonstrated that this test environment is possible to use the measuring the radiational characteristics of a small antenna in VHF band.

### 요약

본 논문에서는 반무반사실내에서 반사체와 시간영역 측정을 이용한 반사파의 효과적인 억제 기술을 제안하고 있다. 제안한 기법을 이용하여 측정 영역상에 전기장의 균일도를 향상시켜 완전 무반사실과 유사한 안테나 측정환경을 구현할 수 있었다. 구현한 측정환경의 성능은 측정을 통하여 검증하였으며 소형 VHF대역 안테나 측정에 사용 가능할 것으로 판단된다.

*Key words : Semi-anechoic chamber, Antenna, Antenna measurement, Reflector, Quiet zone*

## 1. 서론

일반적으로 안테나의 방사특성을 측정하기 위해서는 외부의 간섭이나 잔향(echoes)이 거의 없는 환경 구현이 가장 중요하다. 그러나 주파수가 낮은 안테나의 방사성능 측정을 위한 환경 구현은 매우 어려운 관계로 근역장(near field)에서 방사성능을 측정하는 기술이 연구되고 있다[1]. 또한 반사파와 잔향을 효과

적으로 제거하기 위한 연구가 진행되고 있다[2-4]. 국내에서 안테나 방사측정은 특별한 경우를 제외하고 완전 무반사실(Fully Anechoic Chamber)을 이용한다. 완전 무반사실은 주로 이동통신 주파수 대역에 맞게 설계된 것들이 많을 뿐만 아니라 소형 안테나 측정에 적합하도록 3m급의 소형 측정실로 이루어져 있다. 따라서 VHF대역(174MHz~216MHz)을 이용하는 지상파 DMB 안테나 혹은 433MHz의 RFID와 같이 800MHz이하를 사용하는 소형 안테나의 방사성능을 측정하기 위해서는 1.5m(200MHz 기준 1과장)이상의 대형 전파흡수체가 부착된 중형급이상의 측정시설이 필요하다[5]. 한편, 바닥면이 금속 접지면인 점을 제외하고 완전 무반사실과 유사한 구성을 가지고 있는 반무반사실(Semi-Anechoic Chamber)은 일반적으로 30MHz대역부터 복사성 전력측정 및 기타 EMC와 관련한 평가를 위해 설계된 대형 측정시설이다. 그러므로 반무반사실의 환경을 적절히 변형하고 시간영역 측정법을 사용하여 지면에서의 반사파와 기타 불필요

\* Radio Technology Research Dept., Electronics and Telecommunications Research Institute  
jungick@etri.re.kr +82-42-860-1844

Corresponding author

※ This work was supported by the IT R&D program of MKE/KCC/KEIT[10035181-2010-01], Development of RF Energy Transmission under 100Watts and Harvesting Technology

Manuscript received Sep. 14, 2012; accepted Sep. 25, 2012

한 잔향들을 억제할 경우 적절한 크기의 측정영역(QZ, Quiet Zone)을 확보할 수 있어 저주파 대역의 안테나 방사성능 측정에 유리할 뿐 아니라 반무반사실의 용도를 확장시킬 수 있다. 본 논문에서는 반무반사실의 환경을 활용하여 VHF대역 소형 안테나의 측정환경을 구현한 결과를 소개하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 반무반사실내 반사파 억제 기법과 측정영역 설계

그림 1은 지면이 금속면으로 이루어진 일반적인 반무반사실내의 전파진행을 간단히 나타내고 있다. 송신 안테나에서 전파되는 일부의 에너지가 지면에서 반사되어 측정영역으로 진행되므로 완전 무반사실에서와 동일한 안테나 성능 측정결과를 얻기란 어렵다. 반면에 반무반사실은 지면을 제외한 나머지 5면에 대해선 전파흡수체가 설치되어 있어 실효복사전력(ERP, Effective Radiated Power)과 같은 안테나의 일부 방사성능을 측정하고 있다. 따라서 금속면으로 이루어진 지면을 효율적으로 이용하고 무지향성에 가까운 송신용 다이폴 안테나의 지향성(directionality)을 증가시킨 다음 시간영역에서 잔향을 제거하면 측정영역에서 전기장의 균일도를 개선할 수 있다. 따라서 일반적인 무반사실에서와 같은 안테나 방사성능 측정이 가능해진다.

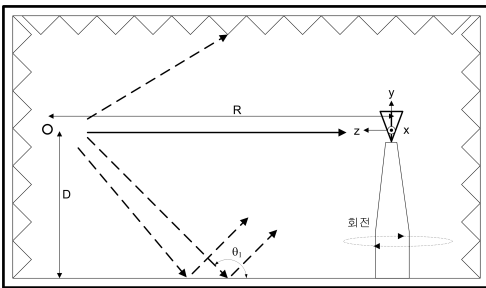


Fig. 1. Wave propagations in semi-anechoic chamber  
 그림 1. 반무반사실내 전파진행 (D: 지면에서 송신 안테나까지 높이, R: 송신 안테나와 수신 안테나간의 거리,  $\theta_0$ : 지면으로 향하는 전파의 입사각)

#### 가. 송신용 다이폴 안테나의 지향성 개선

일반적인 다이폴 안테나의 경우는 무지향성에 가까운 특성을 보이게 되어 그림 1에서와 같이 금속 지면

으로 전파하는 에너지가 매우 크다. 결국에 측정영역으로 전달되는 많은 반사파로 인해 사실상 측정영역 생성이 불가능하다. 따라서 그림 2와 같이 다이폴 안테나의 후방에 1/10 파장 간격으로 다수의 반사봉을 배치하여 파라볼릭형의 반사판을 가진 송신 안테나를 설계하여 지면과 수직인 방향에 대해 지향성을 높였다. 송신 안테나의 성능은 EM 시뮬레이터를 사용하여 표 1과 같이 결과를 얻었다[6].

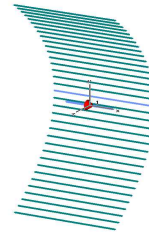


Fig. 2. High-directivity dipole antenna using reflectors  
 그림 2. 반사판을 이용한 고지향성 다이폴 안테나

Table 1. Calculated radiation performances of the transmitted dipole antenna on horizontal plane  
 표 1. 송신용 다이폴 안테나의 수평면상 방사성능 계산치

	주파수 [MHz]	최대방사이득 [dBi]	3dB 빔폭 [deg]	10dB 빔폭 [deg]
반사봉 설치후 지향성을 높인 다이폴 안테나	170	11.8	37	74.2
	200	12.6	34	65.4
	216	13.3	29.2	60

#### 나. 반사파의 전파경로 변경을 위한 금속 반사체 설계

앞에서 설명한 고지향성 송신 안테나를 사용하는 경우는 지면에서 반사파의 세기를 줄일 수 있으나 측정영역의 성능을 더욱 개선하기 위해서는 지면상에 반사파를 억제하기 위한 방법이 강구되어야 한다. 지면상의 반사파를 줄이는 방법은 대형 전파흡수체를 설치하는 방법이 있으나, 넓은 영역에 걸쳐 설치를 해야하고 반무반사실의 용도로 변환하는데 많은 번거로움이 있다. 따라서 본 논문에서는 지면에서 발생하는 반사파의 전파경로를 변경하기 위한 금속 반사체를 설계하였다.

그림 3은 반무반사실내에 삼각기둥 모양의 반사체를 지면에 설치할 경우 예상되는 전파경로를 표시하고 있다. 송수신 안테나의 거리를 R, 높이를 D라고 하면 측정영역으로 향하는 주반사파(dominant

indirect contribution)는 식 1과 같이 지면과 각도로 입사하게 된다.

$$\theta_1 = 90 + \tan^{-1}(\sqrt{2}D) \quad (1)$$

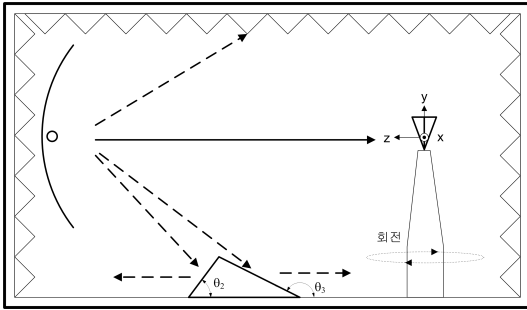


Fig. 3. Wave propagations in the proposed semi-anechoic chamber  
 그림 3. 제안한 반무반사실내 전파진행

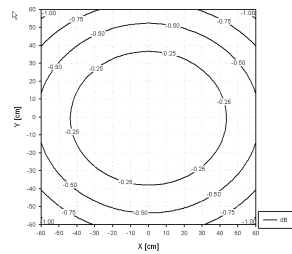
이렇게 입사된 파의 일부를 지면과 나란하게 +Z 방향과 -Z방향으로 통과시키면 측정영역으로 전달되는 반사파는 크게 줄게 된다. 따라서 통과경로 변경을 위하여 식 2, 식 3과 같이 삼각기둥 모양의 반사체를 설계하였다.

$$\theta_2 = \theta_1/2 \quad (2)$$

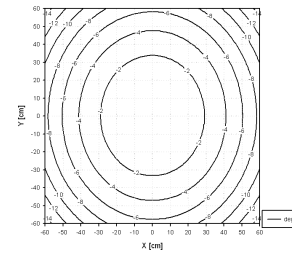
$$\theta_3 = (\theta_1/2) + 90 \quad (3)$$

다. 제안한 반무반사실의 측정영역 성능

다음은 제안한 반사파 억제 기법을 적용하여 반무반사실내 측정영역의 성능을 보여주려고 한다. 측정영역의 성능검증을 위해서 EM simulator[6]를 사용하였다. 계산 주파수는 VHF대역내 174MHz, 216MHz이며 완전 무반사 환경인 경우, 일반적인 반무반사실인 경우, 본 논문에서 제안한 반무반사실인 경우 순으로 계산 결과를 표시하였다. 측정영역은 송신 안테나에서 4m(R) 떨어지고 지면에서 3m(D) 되는 점을 중심으로 선정하고 성능의 기준은 완전 무반사실의 측정영역 기준을 적용하여 정규화된 값에서 0.25dB, 5deg 범위로 설정하였다.



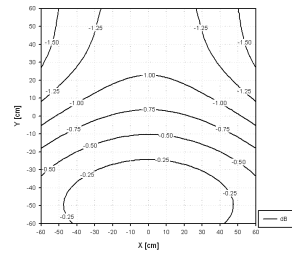
(a)



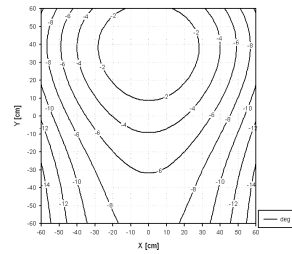
(b)

Fig. 4. The calculated performances of quiet zone in fully anechoic chamber at 174MHz (a) magnitude, (b) phase

그림 4. 완전 무반사실에서 측정영역의 성능에 대한 계산치(174MHz) (a) 크기, (b) 위상



(a)



(b)

Fig. 5. The calculated performances of quiet zone in general semi-anechoic chamber at 174MHz (a) magnitude, (b) phase

그림 5. 일반적인 반무반사실에서 측정영역의 성능에 대한 계산치(174MHz) (a) 크기, (b) 위상

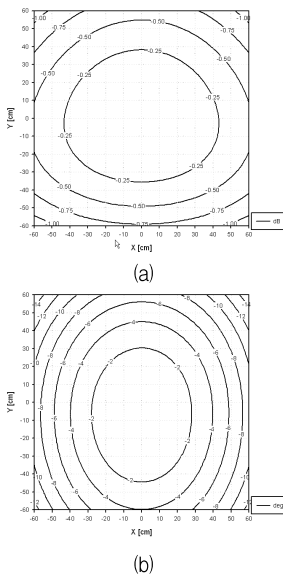


Fig. 6. The calculated performances of quiet zone in the proposed semi-anechoic chamber at 174MHz (a) magnitude, (b) phase  
 그림 6. 제안한 반무반사실에서 측정영역의 성능에 대한 계산치(174MHz) (a) 크기, (b) 위상

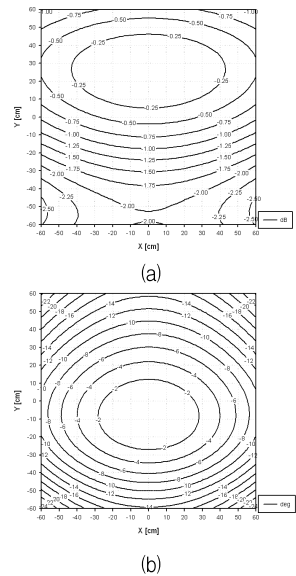


Fig. 8. The calculated performances of quiet zone in general semi-anechoic chamber at 216MHz (a) magnitude, (b) phase  
 그림 8. 일반적인 반무반사실에서 측정영역의 성능에 대한 계산치(216MHz) (a) 크기, (b) 위상

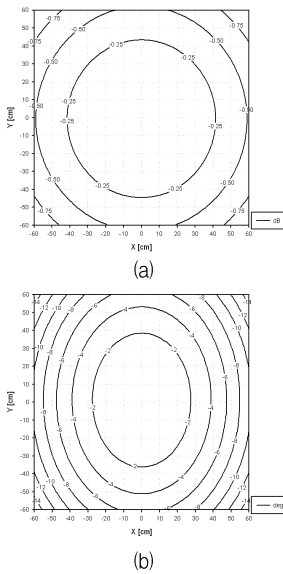


Fig. 7. The calculated performances of quiet zone in fully anechoic chamber at 216MHz (a) magnitude, (b) phase  
 그림 7. 완전 무반사실에서 측정영역의 성능에 대한 계산치(216MHz) (a) 크기, (b) 위상

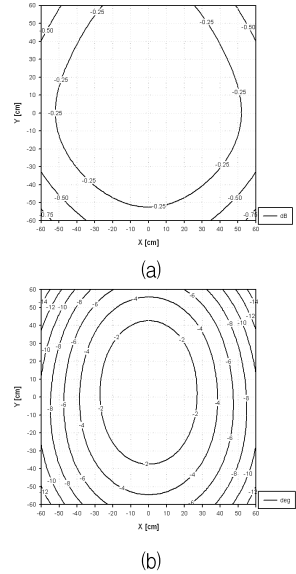


Fig. 9. The calculated performances of quiet zone in the proposed semi-anechoic chamber at 216MHz (a) magnitude, (b) phase  
 그림 9. 제안한 반무반사실에서 측정영역의 성능에 대한 계산치(216MHz) (a) 크기, (b) 위상

그림 7과 그림 9의 경우는 크기와 위상의 중심이 측정영역의 중심과 일치하고 측정영역으로 간주할 수 있는 영역의 크기가 큰 반면 그림 8과 같이 일반적인 반무반사실의 경우는 중심이 주파수에 따라서 상하로 이동되어 있고 원들의 간격이 조밀하여 유효한 측정영역의 크기가 작음을 알 수 있다. 따라서 제안한 반무반사실의 측정환경의 성능이 양호함을 알 수 있다.

**2. 반무반사실내 반사파 억제 기법을 적용한 측정영역 구현**

가. 제안한 반무반사실 구현

다음은 상기한 설계기법을 적용한 측정영역 구현에 대해 설명하려고 한다. 그림 10은 일반적인 20m급 반무반사실내에 고지향성 송신 안테나와 지면의 삼각기동형 반사판을 설치한 안테나 측정환경을 보여주고 있다.

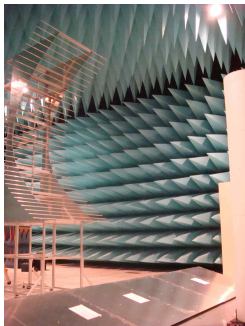


Fig. 10. The proposed semi-anechoic chamber with the high-directivity Tx antenna and triangular reflectors on the ground plane

그림 10. 고지향성 송신안테나와 지면에 반사판을 갖춘 제안한 반무반사실

그림 10에서 사용한 송수신 안테나는 Schwarzbeck사의 광대역 다이폴 안테나(모델명: VHA 9103)이며, 송수신 안테나간 거리는 4.0m, 송신 안테나는 지면에서 3.0m에 위치하였으며 송신 안테나 후방의 반사판은 지름12mm, 길이 1800mm의 반사봉으로 구성되어 지면상 1.3m에서 4.7m까지 위치해 있다. 송신 안테나와 지면 반사판간 수평거리는 1.91m 이며, 하나의 반사판은 길이 1.5m, 높이 0.37m로 되어있으며  $=60deg$ ,  $\theta_3=164deg$ 로 설계되었다. 총 6개의 반사판을 연결하여 지면상에 설치하였다. 또한, 수신 안테나의 거치대는 비유전율이 1.0에 가까운 soft foam으로 제작되었다.

나. 제안한 반무반사실의 측정영역 측정

다음으로 그림 10과 같이 구성된 측정환경을 이용하여 VHF대역의 측정영역을 검증하였다. 그림 11은 지면에 반사판이 없는 경우, 그림 12는 지면 반사판이 있는 경우에 측정영역에서 얻은 수신전력의 세기를 각각 보여주고 있다. 그림에서 붉은색 원으로 표시한 부분은 정규화된 수신신호에서 0.25dB내의 영역을 표시하고 있으며 위상 측정은 최대 11도 정도로 무시할 수 있으므로 별도로 기재하지 않았다.

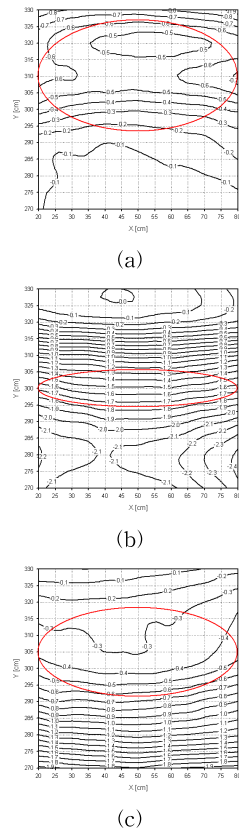


Fig. 11. The measured performances of quiet zone in semi-anechoic chamber without reflectors on the ground plane (a) 175MHz, (b) 195MHz, (c) 215MHz

그림 11. 지면에 반사판이 없는 반무반사실내 측정영역의 성능(측정치) (a) 175MHz, (b) 195MHz, (c) 215MHz

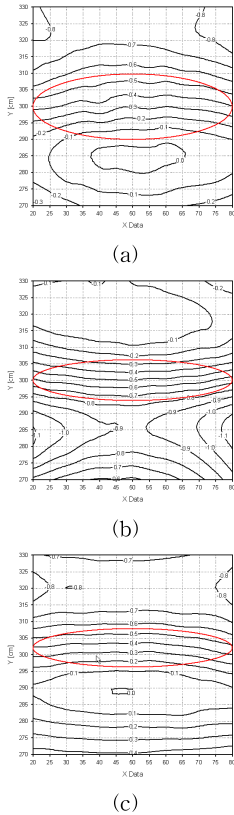


Fig. 12. The measured performances of quiet zone in the proposed semi-anechoic chamber with reflectors on the ground plane (a) 175MHz, (b) 195MHz, (c) 215MHz

그림 12. 지면 반사판이 있는 제안한 반무반사실내 측정영역의 성능(측정치) (a) 175MHz, (b) 195MHz, (c) 215MHz

그림 11과 그림 12의 결과에서 측정영역의 크기는 비슷하나 지면 반사판을 적용한 경우에 곡선의 간격이 넓어져 전기장 분포의 변화가 완화되었음을 알 수 있다. 이는 지면에서 반사되어 측정영역으로 향하는 진행파의 상당 부분이 지면 반사판에서 반사되어 흡수가 가능한 벽면으로 진행된 결과로 이해된다. 그러나 측정영역의 중심이 위아래로 치우쳐져 있고 영역의 좌우방향은 60cm이상이지만 상하방향은 10cm 정도가 된다. 이러한 이유는 지면상의 반사판이 주반사판을 억제하는 효과가 있었지만 넓은 금속 지면을 가진 반무반사실내의 환경에서 발생하는 잔향과 안테나 간의 다중반사를 충분히 제거하지 못한 결과로 분석

된다. 따라서 시간영역 측정법을 사용하여 기타 반사 성분을 제거할 필요가 있다. 앞서 설명한 측정환경에서 송수신 안테나간 거리(4.0m)와 지면에서 안테나까지 높이(3.0m)를 고려할 경우 대략 3.2m의 경로차를 예상할 수 있다. 일반적으로 시간영역 측정법에서는 경로차로 인한 시간차(10.6ns) 대비 대략 10배 정도인 950MHz의 측정 주파수 대역폭이 필요하다[2]. 그러나 VHF대역에서 안테나 방사성능 측정을 위해 지나치게 넓은 대역폭으로 측정하는 것은 무의미하므로 본 논문에서는 VHF대역(174~216MHz)을 고려하여 250MHz 대역폭(=1/4ns, 50~300MHz)에 대한 주파수 영역 측정과 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transformation)을 통하여 측정영역 중심에서 그림 13과 같은 정규화된 시간영역 데이터를 얻었다.

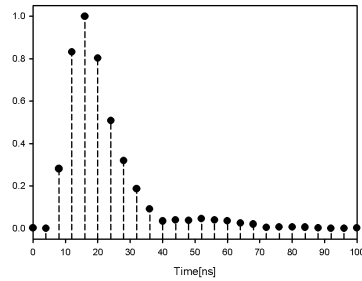


Fig. 13. The normalized time-domain data in the proposed semi-anechoic chamber with reflectors on the ground plane

그림 13. 지면 반사판이 있는 제안한 반무반사실내 정규화된 시간영역 측정 데이터

송수신간 안테나의 거리가 4m인 점을 고려하면 대략 13.3ns 이후는 반사파로 간주할 수 있으나, 통상적으로 전파시간 및 측정상의 오차를 감안한다. 본 논문에서는 26ns 이상을 확실한 반사파로 구분하여 제거하고 푸리에 변환을 통하여 그림 14와 같은 결과를 얻었다.

상기한 그림 14에서와 같이 시간영역 측정법을 통하여 그림 13에서 얻은 결과의 균일도를 더욱 개선하여 대략 상하 좌우 60cm 정도의 측정영역을 확보하였다. 따라서, 본 논문에서 제안한 반사파 제거 기법을 적용하여 저주파 대역의 소형 안테나를 반무반사실에서 측정할 수 있을 것으로 판단된다.

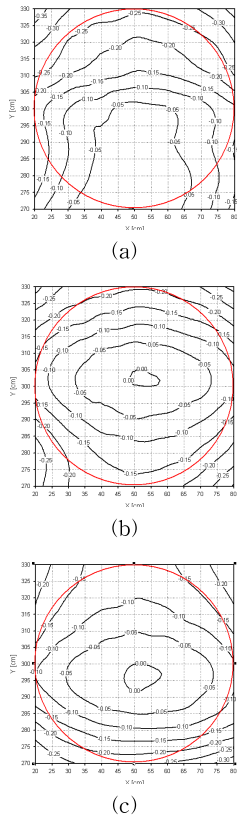


Fig. 14. The measured performances of quiet zone in the proposed semi-anechoic chamber Using time-domain measurement  
 그림 14. 시간영역 해석법을 적용한 제한한 반무반사실내 측정영역의 성능(시험치)

### III 결론

본 논문에서는 반무반사실내에서 삼각기동형 반사체와 시간영역 측정을 이용하여 주반사파와 간향을 효율적으로 제거하여 VHF대역 소형 안테나 측정을 위한 측정영역 구현 결과를 보여주고 있다. 측정영역은 대략 60cm 정도로 소형 안테나 측정을 위해 충분한 영역을 확보하였다. 그러나 측정환경을 구현하기 용이하도록 송신 안테나의 수평편파만 고려한 점파 송수신 안테나의 정확한 이득 교정(calibration) 과정에서 보완이 향후 필요할 것으로 판단된다.

### References

[1] Norbert Stangl, "MF AM Antenna Radiation Pattern Verification Method by Near Field Measurements", IEEE Trans. On. Broadcasting, Volume: 47, 285-291, 2001  
 [2] S. Lored, M.R. Pino, F. Las-Heras, and T.K. Sarkar, "Echo identification and cancellation technique for antenna measurement in non-anechoic test sites", IEEE Antennas Propag. Mag., Volume: 46, 100-107, 2004  
 [3] B. Fourestie, Z. Altman, J. Wiart and A. Azoulay, "On the use of the matrix pencil method to correlate measurements a difference test sites", IEEE Trans. Antennas Propag., Volume: 47, 1569-1573, 1999  
 [4] Zhou Du, J.I. Moon, S.S. Oh, J.H. Koh, and T.K. Sarkar, "Generation of Free Space Radiation Patterns From Non-Anechoic Measurements Using Chebyshev Polynomials", IEEE Trans. Antennas Propag. Volume: 58, 2010  
 [5] J.H. Lim and T.Y. Yun, "Planr DVB-T Antenna Using a Patterned Helical Line and Matching Circuit", ETRI Journal, Volume: 34, 454-457, 2012  
 [6] MICROWAVE STUDIO, CST, [www.cst.com](http://www.cst.com)

### BIOGRAPHY

**Moon Jung-Ick** (Member)



1996: BS degree in Electrical Engineering, Yeungnam Univ..  
 1998: MS degree in Electrical Engineering, Yeungnam Univ..  
 2004: PhD degree in Electrical and Electronics Engineering, KAIST

2004~Present: Research Engineer, ETRI