

# 구형 빔 패턴 형성을 위한 MDAS-DR 안테나에 대한 연구

## A Study on the MDAS-DR Antenna for Shaping Flat-Topped Radiation Pattern

엄순영 · 윤재훈 · 전순익 · 김창주

Soon-Young Eom · Je-Hoon Yun · Soon-Ick Jeon · Chang-Joo Kim

### 요 약

본 논문에서는 구형 빔 패턴을 효율적으로 형성하기 위한 새로운 MDAS-DR 안테나 구조를 제안하였다. 안테나 구조는 크게 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자, 다층 원형 도체 배열 소자들과 그 주위를 에워싸고 있는 유전체 링으로 구성된다. 다층 원형 도체 배열 구조는 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자에 의해 방사 전력을 공급 받아 그 주변의 유전체 링과의 전기적 상호 결합 작용에 의해 원거리에서 구형 빔 방사 패턴을 형성할 수 있다. 유전체 링 구조의 설계 변수는 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수와 더불어 구형 빔 패턴 형성에 중요한 설계 변수들로서 구형 빔 안테나를 위해 12개의 다층 원형 도체 배열과 유전율이 2.05인 테프론 유전체가 사용되었다. 제안된 안테나 구조의 유효성을 검증하기 위하여 10 GHz 대역(9.6~10.4 GHz)에서 동작하는 안테나를 설계하였으며, 시뮬레이션에는 삼차원 안테나 구조 해석에 적합한 상용 CST Microwave Studio™ 시뮬레이터가 사용되었다. 또한, 안테나 시제품을 제작한 후 무반사실 안테나 챔버에서 전기적 특성들을 측정하였다. 구형 빔 패턴 형성을 갖는 안테나 시제품의 측정 결과들은 시뮬레이션 결과들과 잘 일치하였으며, 측정 결과들로부터 MDAS-DR 안테나의 10 GHz에서의 측정 이득은 11.18 dBi이었으며, 최소한 8.0 % 대역 폭 내에서 약 40°의 양호한 구형 빔 패턴을 형성함을 확인할 수 있었다.

### Abstract

In this paper, a new MDAS-DR antenna structure designed to efficiently shape a flat-topped radiation pattern is proposed. The antenna structure is composed of a stacked micro-strip patch exciter and a multi-layered disk array structure(MDAS) surrounded by a dielectric ring. The MDAS, which was supplied by a stacked microstrip patch exciter with radiating power, can form a flat-topped radiation pattern in a far field by a mutual interaction with the surrounding dielectric ring. Therefore, the design parameters of the dielectric ring and the MDAS structure are important design parameters for shaping a flat-topped radiation pattern. The proposed antenna used twelve multi-layered disk array elements and a Teflon material with a dielectric constant of 2.05. An antenna operated at 10 GHz(9.6~10.4 GHz) was designed in order to verify the effectiveness of the proposed antenna structure. The commercial simulator of CST Microwave Studio™, which was adapted to a 3-D antenna structure analysis, was used for the simulation. The antenna breadboard was also fabricated and its electrical performance was measured in an anechoic antenna chamber. The measured results of the antenna breadboard with a flat-topped radiation pattern were found to be in good agreement with the simulated one. The MDAS-DR antenna gain measured at 10 GHz was 11.18 dBi, and the MDAS-DR antenna was capable of shaping a good flat-topped radiation pattern with a beam-width of about 40°, at least within a fractional bandwidth of 8.0 %.

Key words : Flat-topped Radiation Pattern, Multi-layered Disk Array Structure, Dielectric Ring Structure, Stacked Microstrip Patch Element

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 논문 번호 : 20061127-146

· 수정완료일자 : 2007년 1월 24일

## I. 서 론

미래의 근거리 무선 통신 서비스 종류는 점차 늘어나고 있는 추세인 반면에 이를 지원하는 주파수 스펙트럼 영역은 점차 줄어들고 있다. 그러므로, 미래의 다양한 근거리 무선 서비스들은 제공 서비스들 간의 신호 보호(간섭 억제)를 위해 서비스 주파수 및 서비스 영역을 엄격히 제한받을 것이다. 주어진 무선 통신 서비스를 가장 효율적으로 제공하기 위한 방법으로 서비스 영역 내에 균일한 진폭의 전파를 방사하며, 사이드 로브 레벨을 억압하는 것이다. 이를 위해 근거리 무선 통신 시스템의 안테나들은 일종의 "Limited Field of View" 특성<sup>[1][2]</sup>과 같은 구형 빔 안테나 패턴을 제공하는 것이 요구된다.

종래에 구형 빔 패턴을 형성하는 방법으로 수동 다단자 망을 이용한 배열 구조, 결합 이중 모드 도파관을 이용한 배열 구조, 수동 반동 부하 소자 배열 구조, 유사 광학망을 이용한 배열 구조, 돌출 유전체 막대를 이용한 배열 구조 그리고 비교적 최근에 발표되고 있는 다층 원형 도체 배열 구조(Multi-layered metallic Disk Array Structure: MDAS)<sup>[3]-[6]</sup>가 있다. 이중에서 MDAS 구조는 기존 구형 빔 패턴 구조들에 비하여 자유 공간상에서의 방사 소자들 간의 자연스런 상호 결합 특성을 이용하여 원하는 전류 분포를 형성하므로 고효율, 소형, 경량, 저가의 안테나 시스템을 구현할 수 있다<sup>[7]-[9]</sup>. 그러나, 단일 구형 빔 패턴을 형성하는 안테나 응용에서는 능동 MDAS가 주변에 위치한 여러 개의 수동 MDAS와 상호 결합 작용에 의해 겹쳐진 부배열(overlapped sub-array)을 형성하고 이로부터 구형 빔 패턴을 형성하는 방법은 비효율적일 수 있다. 그러므로, 단일 구형 빔 패턴을 형성하는 안테나 응용에 적합한 새로운 빔 성형 안테나 구조가 요구된다.

본 논문에서는 단일 구형 빔 패턴을 형성하기 위해 제안하는 안테나 구조는 스택 마이크로스트립 패치 소자에 의해 여기된 입사 전력이 유전체 링에 의해 에워싸진 다층 원형 도체 배열 구조(Multi-layered metallic Disk Array Structure surrounded by Dielectric Ring: MDAS-DR)에 의해 자유 공간으로 방사된다. MDAS-DR 안테나의 여기 소자는 안테나의 전체 높이를 낮추고, 광대역 여기 특성을 위해 스택 마이크

로스트립 패치 구조를 사용하였으며, 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자의 입력 반사 손실 특성은 MDAS-DR 안테나 전체 입력 반사 손실 특성과 밀접한 관계를 가지며, 또한 원형 도체 배열 소자들의 적층 수에 따라 성능이 주기성을 띠며 변한다.

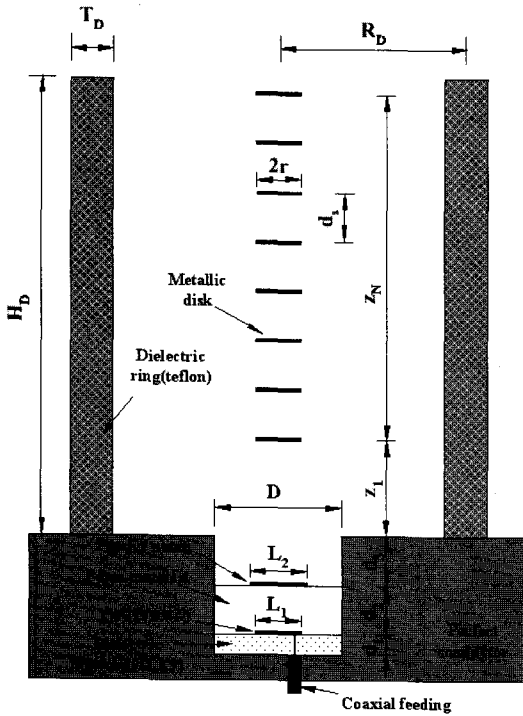
본 연구에서는 종래의 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수들을 참조하여 활용하고 유전체 링의 유전율과 반경, 높이 변화에 따른 구형 빔 패턴 특성 변화를 시뮬레이션 과정을 통해 보여주었으며, 중심 주파수 10 GHz 대역에서 동작하는 MDAS-DR 안테나 시제품을 제작하여 전기적 특성들을 측정한 후 시뮬레이션 결과들과 비교 분석하였다.

## II. MDAS-DR 안테나 설계

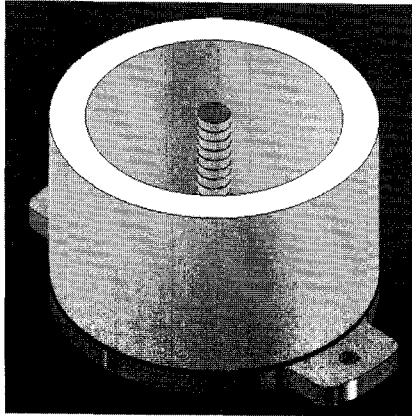
### 2-1 안테나 구조

구형 빔 패턴 특성을 갖는 MDAS-DR 안테나 구조는 그림 1에 보여진다. 안테나 구조는 마이크로스트립 스택 여기 소자 위에 유한개의 원형 도체 배열 소자들을 균일하게 적층하고 그리고 그 주위에 유전체 링으로 에워싸는 형태이다. 유전체 링 구조가 없고 단지 다층 원형 도체 배열 구조만 있는 경우에는 안테나는 고이득 특성을 갖는다<sup>[10]</sup>. 안테나 개구면에서의 전류 분포는 다층 원형 도체 배열 구조와 유전체 링 구조에 의해 영향을 받으며, 이러한 안테나 개구면 전류 분포에 의해 적절한 구형 빔 패턴이 얻어질 수 있다. 전파 진행 방향으로 적층되는 도체 배열 소자들의 모양은 다양하게 선택할 수 있으나, 본 연구에서는 원형으로 선택하였다.

그림 2는 구형 빔 패턴 형성을 위해 종래에 사용하던 MDAS 안테나 구조를 보여준다. 다층 원형 도체 배열 구조(MDAS)가 정삼각형 배열 또는 정육각형 배열 형태로 주위를 에워싸고 있는 형태로서, 전파 진행 방향으로 인접 수동(또는 기생) MDAS 배열 소자들과 중심 능동 MDAS 소자간의 인위적인 상호 작용에 의해 원하는 구형 빔 패턴을 형성하는 것이다<sup>[7]-[9]</sup>. 이러한 형태의 MDAS 안테나는 단위 소자가 구형 빔 패턴을 갖는 안테나에 응용될 수도 있으나 광범위의 빔 스캐닝 범위 내에서 동일한 이득 특성을 보이는 2차원 위상 배열 안테나에 더 효과적으로 응용될 수 있다. 그러나, 단일 구형 빔 패턴을 형



(a) 단면도  
(a) Cross-section view



(b) 삼차원도  
(b) 3-D view

그림 1. 제안된 MDAS-DR 안테나 구조  
Fig. 1. Proposed MDAS-DR antenna structure.

성하는 안테나 응용에서는 본 논문에서 제안하는 그림 1의 MDAS-DR 안테나 구조가 전기적 성능이 우수하며, 제작 구현이 용이하고 또한 경제적인 측면에서 더 실용적이다.

구형 빔 패턴을 갖는 MDAS-DR 안테나의 설계 규

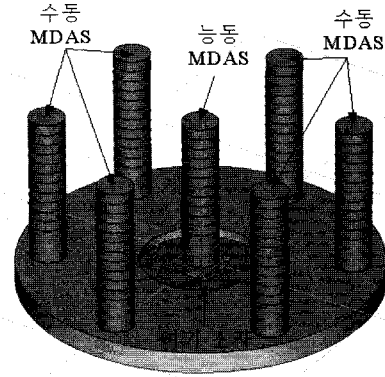


그림 2. 종래의 MDAS 안테나 구조  
Fig. 2. Conventional MDAS antenna structure.

표 1. MDAS-DR 안테나의 설계 규격  
Table 1. Design specifications of MDAS-DR antenna.

항목	설계 규격
동작 주파수 대역	9.6~10.4 GHz
편파	선형 편파
방사 소자 이득	10 dBi 이상
구형 빔 패턴 폭(@ 1 dB)	45° 이하
사이드 로브 레벨	15 dBc 이상
교차 편파 레벨	20 dBc 이상
입력 반사 손실	10 dB 이상
입력 임피던스	50 Ω

격은 표 1과 같이 주어진다. 설계 규격은 시제품 제작을 고려하여 중심 주파수는 10 GHz로 설정하였으며, 다른 임의의 주파수 대역에서도 설계가 가능하다. 또한, 동작 대역폭 및 구형 빔 패턴 폭 등 기타 규격들은 종래의 참고문헌에 언급된 다층 원형 도체 배열 구조의 동작 대역폭 등 구형 빔 안테나의 구조 특성을 반영하여 임의로 설정하였다.

## 2-2 안테나 설계 변수

동축 급전을 갖는 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자는 원 형태의 공동(cavity) 내에 삽입되어 주어진 동작 주파수 대역 내에서 이중 공진되도록 설계 변수들이 결정된다. 처음에는 다층 원형 도체 배열 구조와 외곽 유전체 구조 없이 여기 소자만 있는 상태에서 설계가 이루어진다. 공동의 직경 설계 변수와 스택 마이크로스트립 패치 소자의 설계 변수들은 상

표 2. 여기 소자의 설계 변수 값

Table 2. Design parameter values of exciter.

항목	변수명	설계 변수값
능동 패치 소자	$L_1$	10.05 mm(W) × 10.05 mm(L)
수동 패치 소자	$L_2$	11.15 mm(W) × 11.15 mm(L)
급전 위치	-	0.0 mm(@ horizontal offset), 5.075 mm(@ vertical offset)
설계 RF 기판 (능동 패치 구현)	-	TLY5A ( $\epsilon_r=2.17$ , T=0.5 oz.)
	$d_1$	0.508 mm
패치간 이격	$d_2$	2.66 mm
패치 이격 재료	-	Dielectric foam
수동패치부터 공동까지 높이	$d_3$	1 mm
공동의 직경	$D$	30 mm( $1 \lambda_o$ @ 10 GHz)

용 시뮬레이터인 CST Microwave Studio™를 이용한 시뮬레이션을 통해 결정되었으며, 공동 스택 마이크로 스트립 패치 여기 소자의 설계 변수 값들은 표 2에 요약하여 제시하였다.

스택 마이크로스트립 여기 소자로부터 전력을 공급 받는 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수들은 원형 도체 배열 소자의 직경( $2r$ ), 초기 위치( $z_1$ ), 배열 소자간 간격( $d_s$ ), 적층 원형 도체 배열 소자 수( $N$ )가 있다. 또한, 외곽 유전체 링 구조의 중요 설계 변수들로는 유전체의 유전율( $\epsilon_r$ ), 반경( $R_D$ ) 그리고 높이( $H_D$ )가 있으며, 유전체의 두께( $T_D$ )는 10 mm( $0.33 \lambda_o$ 에 해당)로 고정된 값을 사용하였다.

주어진 규격의 양호한 구형 빔 패턴을 얻기 위해선 MDAS-DR 안테나를 구성하는 모든 설계 변수들이 동시에 고려되어 최적화되어야 한다. 그러나, 본 논문에서는 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수들의 일부는 종래에 발표된 다수의 참고문헌들<sup>[6]~[8]</sup>을 참조하여 선택되었다. 선택된 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수 값들과 외곽 유전체 링 구조의 설계 변수 값들은 표 3에 각각 제시하였다. 표 3에 제시된 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수들을 갖는 능동 MDAS는 주변에 6개의 수동 MDAS들이 있을 경우에 구형 빔 패턴을 형성할 수 있다<sup>[6]~[8]</sup>. 본 연구에서는 그림 2에서의 능동 MDAS 주위에 6개의 수동 MDAS 역할을 대신할 수 있는 유전체 링 구조

표 3. MDAS-DR 안테나 구조의 설계 변수 값

Table 3. Design parameter values of MDAS-DR antenna structure.

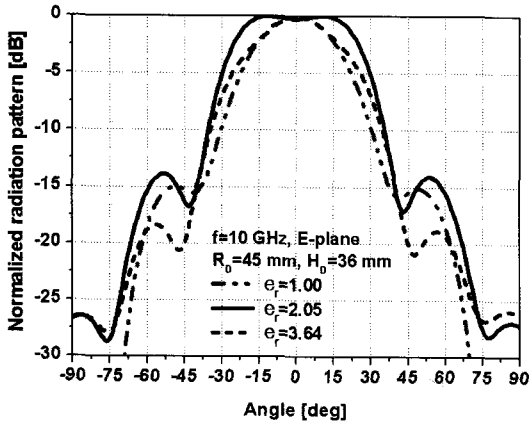
항목	변수명	설계 변수 값	
		$f=1.00 f_o$	$f=10$ GHz
다층 원형 도체 배열 구조	직경	$2r$	$0.3 \lambda_o$ 9 mm
	층 수	$N$	12
	초기 위치	$z_1$	$0.3 \lambda_o$ 9 mm
	최종 위치	$z_N$	$1.4 \lambda_o$ 42 mm
	층간 간격	$d_s$	$0.1 \lambda_o$ 3 mm
유전체 링 구조	유전율	$\epsilon_r$	1.05, 2.05, 3.64
	반경	$R_D$	$1.4 \sim 1.6 \lambda_o$ 42~48 mm
	높이	$H_D$	$1.0 \sim 1.4 \lambda_o$ 30~42 mm
	두께	$T_D$	$0.33 \lambda_o$ 10 mm

를 새로이 제안하고 또한 양호한 구형 빔 패턴을 형성할 수 있도록 유전체 링 구조의 설계 변수 값들을 최적화 연구하였다. 그러므로, 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수들은 각 한 개의 값으로 고정된 반면에 외곽 유전체 링 구조의 설계 변수들만 제한된 범위 내에서 가변적으로 변화시켰다.

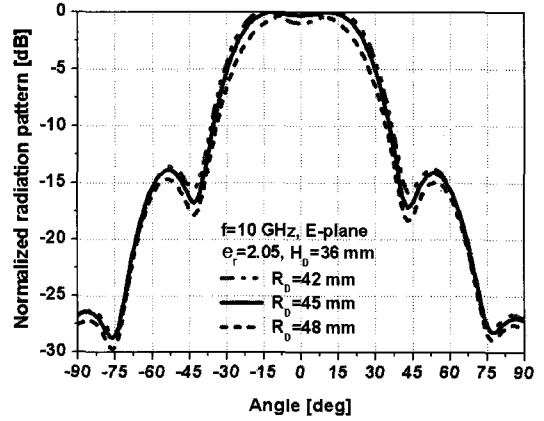
### 2.3 설계 변수 시뮬레이션

스택 마이크로스트립 패치 소자에 의해 전력이 여기되는 MDAS-DR 안테나의 설계 시뮬레이션을 위해 CST Microwave Studio™ 시뮬레이터를 사용하였다. 여기 소자의 설계 변수 값들은 표 2에 제시된 변수 값들을 그리고, 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수 값들은 표 3의 고정 변수 값들을 사용하였으며, 단지 유전체 링 구조의 3가지(유전율, 반경, 높이) 설계 변수 변화에 대해서만 이루어졌다.

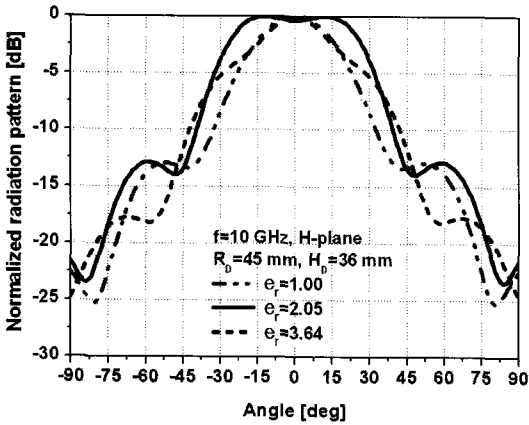
시뮬레이션 성능은 안테나 구조에 대한 mesh property에 따라 사이드 로브 위치 등 전기적인 특성들이 영향을 받는다. 안테나 구조에 mesh 수가 많으면 시뮬레이션 시간이 많이 소요되므로 초기에는 mesh 수를 줄여 설계 변수 변화에 대한 전기적인 특성 변화를 확인한 다음 최적화 변수들을 결정하였다. 최적화 설계 변수들이 선택된 후 안테나 구조에 적합한 최적의 mesh로 분할하여 시뮬레이션 하는 것이 효율적이다. 참고로, 제2-3절에서 보여주는 설계 변수 변화에 대한 시뮬레이션 결과들은 mesh den-



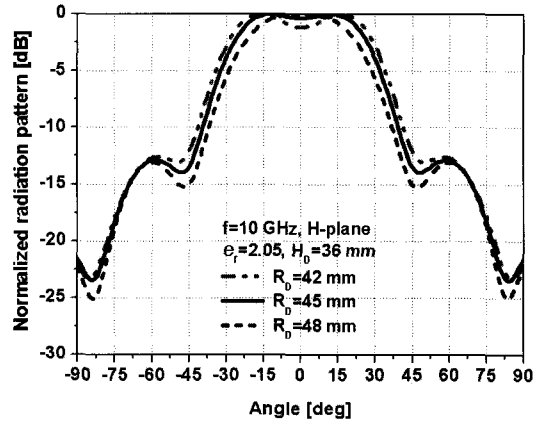
(a) E-평면  
(a) E-plane



(a) E-평면  
(a) E-plane



(b) H-평면  
(b) H-plane



(b) H-평면  
(b) H-plane

그림 3. 유전율 변화에 따른 방사 패턴 특성  
Fig. 3. Radiation pattern characteristics according to variations of dielectric constant.

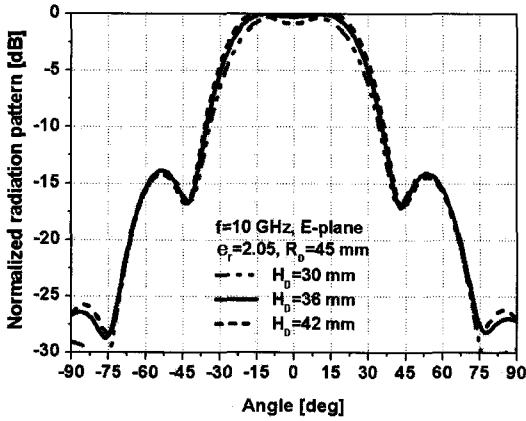
그림 4. 유전체 반지름 변화에 따른 구형 빔 패턴 특성  
Fig. 4. Radiation pattern characteristics according to variations of dielectric radius.

sity control panel 값들이 10, 10, 10인 조건에서 시뮬레이션된 것이다.

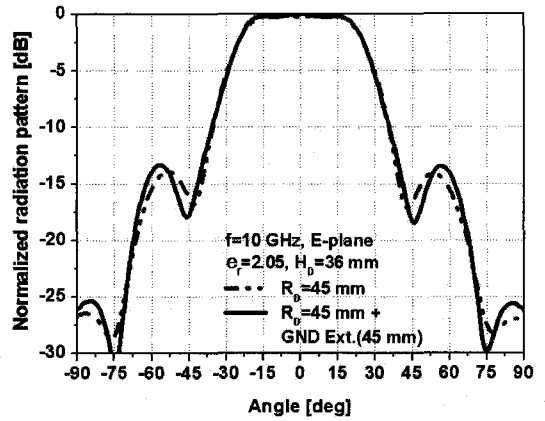
그림 3은 10 GHz에서 시뮬레이션 된 유전체 링 구조의 유전율 변화에 따른 방사 패턴 특성을 보여준다. 그림 3의 시뮬레이션 결과로부터, 다층 원형 도체 배열 구조를 에워싸는 유전체 링의 유전율 값에 따라 안테나의 방사 패턴이 크게 변화함을 알 수 있다. 즉, 유전체의 직경 45 mm( $1.50 \lambda_0$ ), 높이 36 mm( $1.20 \lambda_0$ ) 그리고 유전율 2.05(테프론)를 사용할 때 양호한 구형 빔 패턴을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

유전체 링의 반지름과 높이 변화에 따른 MDAS-

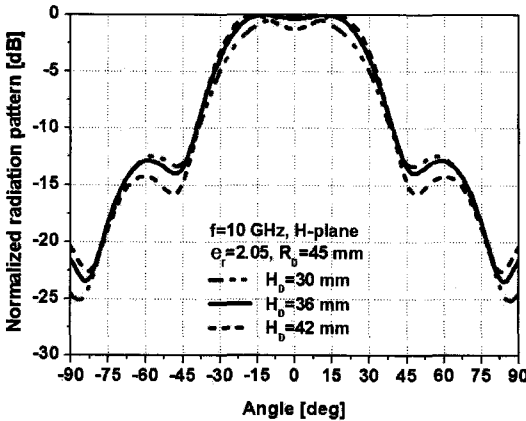
DR 안테나의 시뮬레이션 방사 패턴 특성은 그림 4와 그림 5에 각각 보여진다. 그림 4와 그림 5의 시뮬레이션 결과들로부터, 다층 원형 도체 배열 구조를 에워싸는 유전체 링의 반지름과 높이도 안테나의 방사 패턴 형태에 영향을 줄 수 있으나 유전율을 변화에 의한 영향보다는 상대적으로 작게 주고 있음을 알 수 있다. 그림 6은 기구를 바닥 접지면 크기 변화에 따른 MDAS-DR 안테나의 시뮬레이션 방사 패턴 특성을 보여준다. 그림 6의 시뮬레이션 결과들로부터, GND Ext.은 상대적으로 접지면 반경이  $1.5 \lambda_0$ 만 큼 더 확장되어 시뮬레이션 되었으며, 시뮬레이션



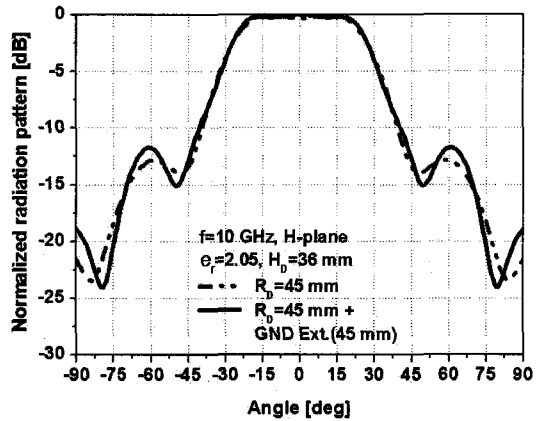
(a) E-평면  
(a) E-plane



(a) E-평면  
(a) E-plane



(b) H-평면  
(b) H-plane



(b) H-평면  
(b) H-plane

그림 5. 유전체 높이 변화에 따른 구형 빔 패턴 특성  
Fig. 5. Radiation pattern characteristics according to variations of dielectric height.

그림 6. 접지면 크기에 따른 구형 빔 패턴 특성  
Fig. 6. Radiation pattern characteristics according to variations of ground size.

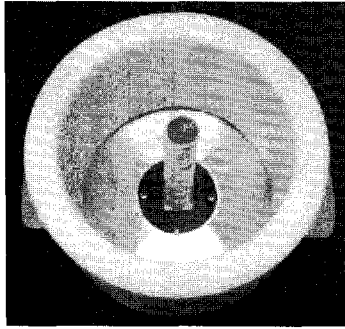
결과들은 접지면 크기 변화에 대하여 방사 패턴 특성이 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 또한, 상기 그림 3~6의 유전체 링 구조의 설계 변수 변화에 따른 안테나의 입력 반사 손실 특성 변화는 컴퓨터 시뮬레이션 과정을 통하여 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

### III. 안테나 제작 및 실험

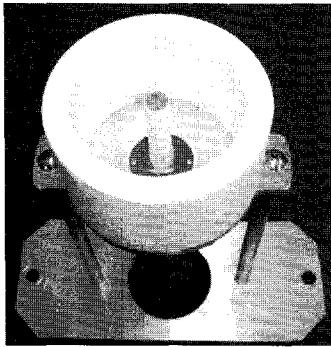
본 논문에서 제안한 구형 빔 패턴 특성을 얻기 위한 MDAS-DR 안테나의 시제품 사진은 그림 7에 보여준다. MDAS-DR 안테나 시제품의 여기 소자는 표

2에 언급된 설계 변수 값들과 RF 기판을 사용하여 제작되었다. 또한, 12개의 원형 도체 배열 소자들은 직경 9 mm, 두께 0.1 mm인 황동으로 제작되었으며, 직경 10 mm 그리고 두께가 3 mm인 유전체 폼 층상에 접착제를 사용하여 고정되었다. 유전체 링 구조는 그림 3~5의 시뮬레이션 결과들로 얻어진 최적의 설계 변수 값들로 제작되었다. 즉, 유전체 링은 유전율 2.05인 테프론 재질에 링의 반경은 45 mm, 높이는 36 mm로 제작되었다.

제작된 MDAS-DR 안테나 시제품은 벡터망 분석기를 사용하여 입력 반사 손실 특성을 측정하였으며,



(a) MDAS-DR 안테나  
(a) MDAS-DR antenna



(b) 시험용 지그에 장착된 MDAS-DR 안테나  
(b) MDAS-DR antenna installed on test jig

그림 7. MDAS-DR 안테나 시제품 사진  
Fig. 7. Photos of MDAS-DR antenna breadboard.

그림 8에 시뮬레이션 결과와 함께 제시하였다. 측정 결과는 시뮬레이션 결과와 비교하여 형태는 약간 변형되었으나, 두 개의 공진점들은 유사하게 찾을 수 있다. 측정 결과로부터 입력 반사 손실 성능은 동작 대역 내에서 8.6 dB 이상임을 알 수 있다. 시뮬레이션과 측정 결과로부터, 안테나 시제품의 입력 반사 손실 특성은 중심 주파수가 약 9.7 GHz에 맞추어져 있음을 알 수 있으며, 이것은 안테나의 설계 변수 값들을 10 GHz로 스케일링 다운(scaling-down) 시키면 입력 반사 손실 성능이 쉽게 튜닝될 수 있다. 참고로, MDAS-DR 안테나의 입력 반사 손실 특성은 여기 소자의 설계 변수에 의해 많은 영향을 받으므로, 다층 원형 도체 배열 구조와 유전체 링 구조의 설계 변수 값들은 고정하고, 여기 소자의 설계 변수 값들만 스케일링 다운 시키는 것이 더 효과적일 수 있다.

그림 9는 안테나 방사 패턴 측정을 위해 안테나 무반사실에 설치된 MDAS-DR 안테나 사진을 보여

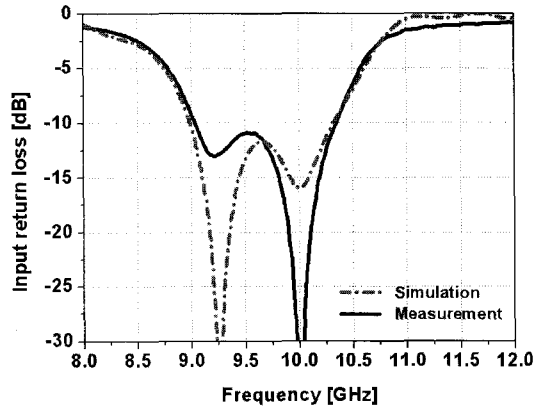


그림 8. MDAS-DR 안테나의 입력 반사 손실 특성  
Fig. 8. Input return loss characteristics of MDAS-DR antenna.

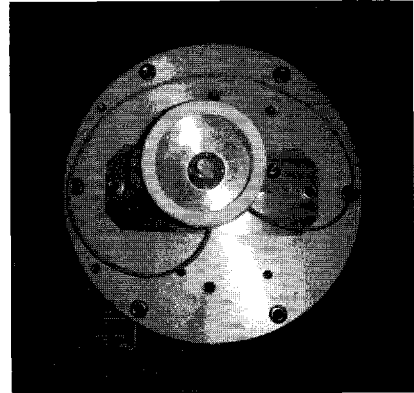
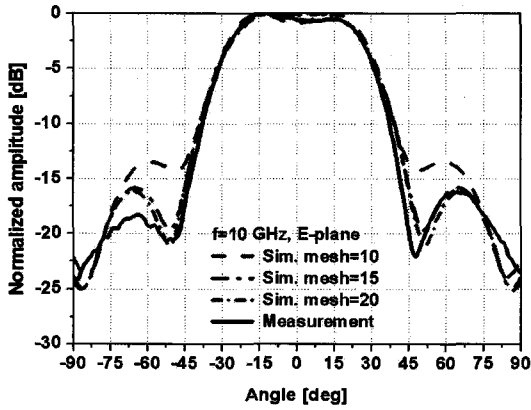


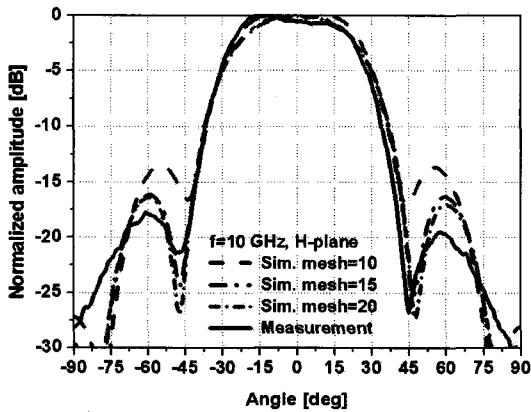
그림 9. 안테나 무반사실에 설치된 MDAS-DR 안테나 사진  
Fig. 9. Photo of MDAS-DR antenna installed in anechoic chamber.

주며, MDAS-DR 안테나 시제품의 10 GHz 중심 주파수에서 측정된 구형 빔 방사 패턴은 mesh=10, 15, 20의 mesh 분할 조건에 따른 시뮬레이션 결과들과 함께 그림 10에 제시하였다. 이때, 시뮬레이션 및 측정된 방사 패턴들은 최대 안테나 이득 값으로 정규화되었다.

그림 10의 측정 그래프로부터, mesh=15와 mesh=20 조건에서의 시뮬레이션 결과들은 거의 유사하며, 측정 결과와도 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 특히, 측정된 방사 패턴은  $-12^\circ$  방향에서 최대 이득 값(11.18 dBi)을 보여 주었으며, E-평면에서 측정된 1 dB 구형 빔 패턴 폭은 약  $43^\circ$  그리고 H-평면



(a) E-평면  
(a) E-plane

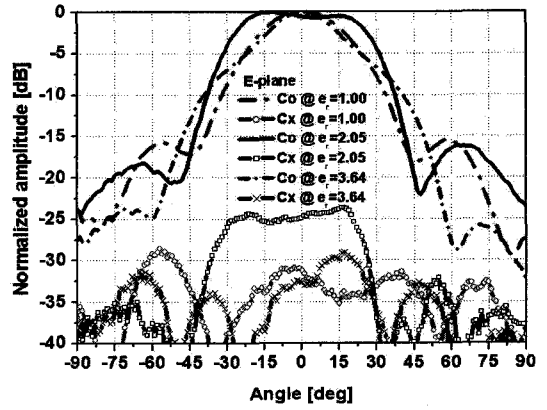


(b) H-평면  
(b) H-plane

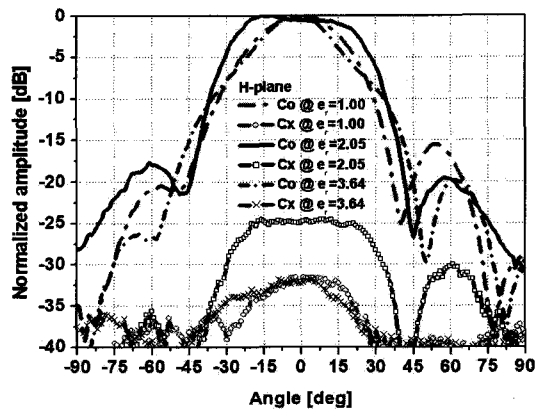
그림 10. MDAS-DR 안테나의 측정된 구형 빔 패턴 특성  
Fig. 10. Measured radiation pattern characteristics of MDAS-DR antenna.

에서 약 38°이었다.

유전체 링의 유전율 변화( $\epsilon_r=1.00, 2.05, 3.64$ )에 따른 측정된 구형 빔 패턴 특성은 그림 11에 제시하였다. 그림 11의 측정 결과를 살펴보면, 유전율이 1.00(유전체 링을 제거) 또는 3.64인 경우의 안테나 방사 패턴은 고이득 특성을 보이는 반면에 유전율이 2.05인 경우에는 안테나 방사 패턴은 구형 빔 패턴 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 이것은 MDAS-DR 안테나가 양호한 구형 빔 패턴을 형성하기 위해서는 다층 원형 도체 배열 구조를 에워싸는 유전체 링의 유전율이 매우 중요한 설계 변수라는 것을 의미한다. 그림 11에서 유전체 링 구조가 없는 고이득 특성을



(a) E-평면  
(a) E-plane



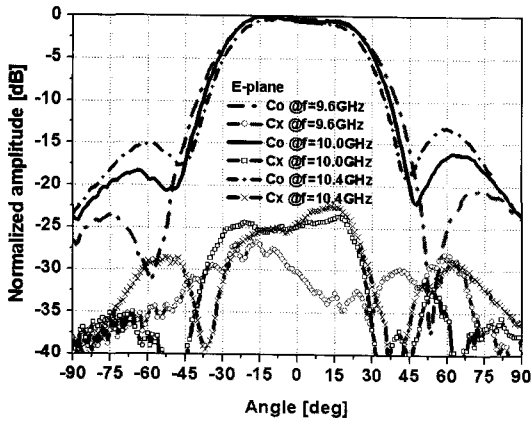
(b) H-평면  
(b) H-plane

그림 11. 유전율 변화에 따른 측정된 구형 빔 패턴 특성  
Fig. 11. Measured radiation pattern characteristics according to variations of dielectric constant.

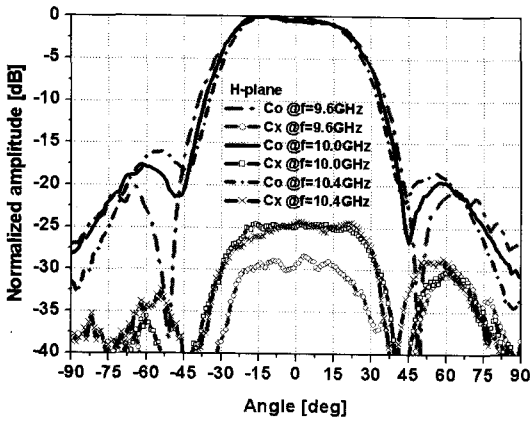
갖는 안테나의 이득은 13.61 dBi인 반면에 구형 빔 패턴 특성을 갖는 안테나의 이득은 11.18 dBi이다. 이와 같이 안테나 이득이 상대적으로 약 2.43 dB가 더 작아진 이유는 정형 빔에서 구형 빔 형태로 안테나 빔 패턴이 넓어졌기 때문이다. 또한, 유전율이 2.05일 때 정 방향에서 측정된 E-평면 및 H-평면에서의 교차 편파 레벨은 각각 24.90 dB과 24.88 dB 이상으로 양호한 값을 보임을 알 수 있다.

그림 12는 구형 빔 특성을 갖는 MDAS-DR 안테나의 주파수 특성을 보여주고 있다. 주파수 변화에 따른 구형 빔 패턴 특성의 측정 결과는 주어진 주파수 대역 내에서 정 방향에서의 교차 편파 레벨이





(a) E-평면  
(a) E-plane



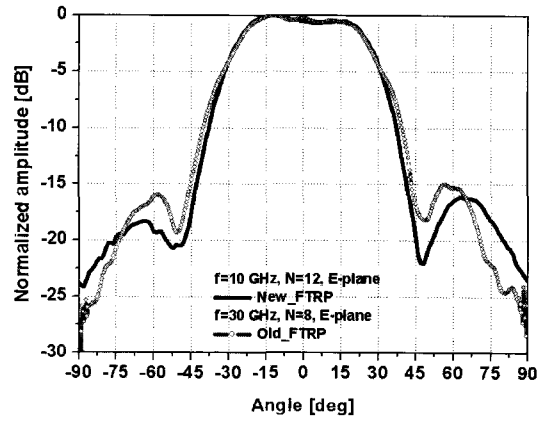
(b) H-평면  
(b) H-plane

그림 12. 주파수 변화에 따른 측정된 구형 빔 패턴 특성

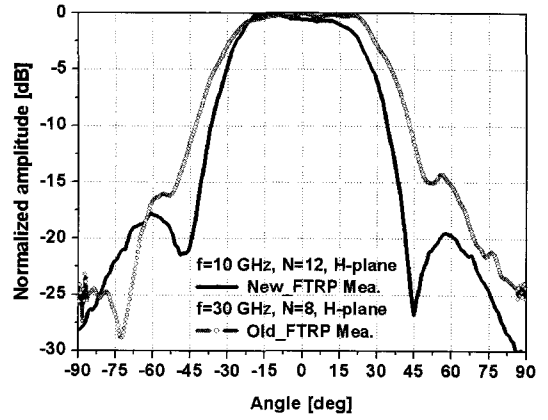
Fig. 12. Measured radiation pattern characteristics according to frequency variations.

24.4 dB(@E-평면)와 24.38 dB(@H-평면) 이상 그리고 40°의 구형 빔 패턴 폭 내에서는 22.44 dB(@E-평면)와 24.33 dB(@H-평면) 이상임을 보여준다. 또한, 측정 결과는 약 8% 대역폭 내에서 양호한 구형 빔 패턴 특성을 보여줌을 알 수 있다.

그림 13은 종래에 발표된 참고문헌 [4], [6]에 언급된 30 GHz에서 구형 빔 패턴을 갖는 MDAS 안테나 시제품의 측정된 구형 빔 패턴 특성과 비교하여 보여주고 있다. 그림 13에서 New FTRP Mea.는 본 논문에서 설계 제작된 안테나 시제품으로서, 원형 도체 배열 층수가 12개이며, 10



(a) E-평면  
(a) E-plane



(b) H-평면  
(b) H-plane

그림 13. 종래의 MDAS 안테나와의 구형 빔 패턴 특성 비교

Fig. 13. FTRP comparisons between MDAS-DR and old MDAS.

GHz에서 설계 제작된 구형 빔 패턴을 갖는 MDAS-DR 안테나 시제품을 나타내며, Old FTRP Mea.는 참고문헌 [4], [6]에 발표된 안테나 시제품으로서, 원형 도체 배열 층수가 8개이며, 30 GHz에서 설계 제작된 구형 빔 패턴을 갖는 MDAS 안테나 시제품을 나타낸다. 단위 구형 빔 패턴을 형성하는 방법으로 본 논문에서 제안하는 MDAS-DR 안테나 구조가 종래의 방법(그림 2 참조)에 비해 더 효율적일 뿐만 아니라 그림 13의 구형 빔 패턴 비교 결과로부터, 구형 빔 패턴 성능면에서도 더 우수함을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

스택 마이크로스트립 패치 여기 소자 위에 다층 원형 도체 배열 소자들을 유한하게 주기적으로 적층하고 그 주위를 유전체 링으로 에워싸므로써 효율적으로 구형 빔 패턴 특성을 얻을 수 있는 새로운 성형 빔 안테나 구조를 제안하였다. 구형 빔 패턴 형성을 위해서는 다층 원형 도체 배열 구조 및 유전체 링 구조의 설계 변수들이 최적적으로 선택되어야 한다. 그러나, 본 논문에서는 종래의 다층 원형 도체 배열 구조의 설계 변수들을 이용하고, 유전체 링 구조의 설계 변수들을 시뮬레이션을 통해 결정하였다. 특히, 유전체 링 구조의 설계 변수 변화에 따른 구형 빔 패턴 특성 시뮬레이션 과정을 통해 유전체 링의 유전율 값이 매우 중요한 매개 변수임을 확인할 수 있었다. 그러므로, 향후 MDAS-DR 안테나에 대한 연구는 유전자 알고리즘과 같은 다변수 최적화에 유리한 알고리즘을 이용한 안테나 설계 변수들의 최적화에 대한 연구들이 더 진행되어야 할 것이다.

제안된 안테나 구조의 유효성을 검증하기 위하여 10 GHz 대역에서 동작하는 안테나를 설계, 제작 및 성능 측정을 수행하였다. 안테나 측정 결과들은 시뮬레이션 결과들과 잘 일치하였으며, 측정 결과들로부터 최소한 8.0 % 대역 폭 내에서 약 40°의 양호한 구형 빔 패턴을 형성함을 확인할 수 있었다.

구형 빔 패턴을 효율적으로 형성하기 위해 본 논문에서 제안된 MDAS-DR 안테나는 10 GHz 대역은 물론 Ka 대역, 밀리미터파 대역까지 응용이 가능하며, 향후 단일 구형 빔 패턴과 같이 특정한 빔 커버리지 서비스를 제공하는 무선 통신 안테나용으로 널리 응용 가능할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

[1] R. J. Mailloux, *Phased Array Antenna Handbook*, Artech House, 1993.  
 [2] S. P. Skobelev, "Methods of constructing optimum phased-array antennas for limited field of view",

*IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 40, no. 2, pp. 39-50, Apr. 1998.

[3] S. P. Skobelev, "Some features of shaping the flat-topped patterns by disc and strip slow-wave antenna elements in arrays for limited field of view", *Millenium Conference on Antennas & Propagation (AP2000)*, vol. 1, pp. 332-335, Apr. 9-14, 2000.  
 [4] S. Y. Eom et al., "Multi-disk radiating structure with a flat-topped element pattern for a planar array antenna", *IEE Electronics Letters*, vol. 38, no. 2, pp. 60-61, Jan. 2002.  
 [5] S. P. Skobelev, S. Y. Eom, and H. K. Park, "Shaping of flat-topped element patterns in a planar array of circular waveguides using a multilayered disk structure: Part I - theory and numerical modeling", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 51, pp. 1040-1047, May 2003.  
 [6] S. Y. Eom et al., "Shaping of flat-topped element patterns in a planar array of circular waveguides using a multilayered disk structure: Part II - experimental study and comparison", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 51, pp. 1048-1053, May 2003.  
 [7] 엄순영, Sergei-P. Skobelev, 전순익, 최재익, 박한규, "구형 빔 패턴 형성을 위한 다층 이차원 원형 도체 배열을 갖는 새로운 방사 구조에 대한 연구", *한국전자과학회논문지*, 13(7), pp. 667-678, 2002년 8월.  
 [8] 엄순영, 박한규, "구형 빔 패턴 형성을 위한 다층 원형 도체 배열 구조의 최적화 연구", *한국전자과학회논문지*, 14(10), pp. 985-995, 2003년 10월.  
 [9] 엄순영, 박한규, "교차 다이폴 소자 여기에 의한 다층 원형 도체 배열 구조의 실험적 연구", *한국전자과학회논문지*, 14(7), pp. 712-720, 2003년 7월.  
 [10] S. Y. Eom et al., "High gain radiating structure using multi-layered metallic disks", *IEEE AP-Symposium*, vol. 2, pp. 1595-1598, Jun. 22-25, 2004.

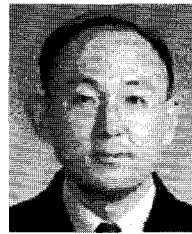
엄 순 영



1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
 1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)  
 1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

1991년 8월~1993년 7월: 이탈리아 Alenia Spazio사와 VS-AT(DAMA-SCPC) 시스템 국제공동개발  
 [주 관심분야] 초고주파 수동/능동 부품 및 시스템, 안테나 시스템, 위성/이동 통신 RF 시스템 등

전 순 익



1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)  
 1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원 안테나기술연구팀 팀장, 책임연구원

[주 관심분야] 초고주파 수동/능동 부품 및 시스템, 안테나 시스템, CR 시스템 등

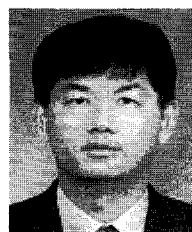
윤 재 훈



1984년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학사)  
 1986년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1998년 8월: 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

2002년 2월~현재: ETRI journal 편집위원  
 2006년 2월~현재: UST 이동통신/방송학과 교수  
 [주 관심분야] 표준전자파발생기술, 전자파적합성기술, 안테나교정기술, EM 해석기술 등

김 창 주



1980년: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)  
 1988년: 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)  
 1993년: 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학박사)  
 1979년 12월~1983년 3월: 국방과학연구소 연구원

1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구그룹장  
 [주 관심분야] 전파신호처리, CDMA 신호해석