

메타 물질 기법을 이용한 전방향성 복사 패턴을 갖는 평면형 S-DMB 안테나 설계 및 구현

Design and Implementation of Planar S-DMB Antenna with Omni-Directional Radiation Pattern Using Metamaterial Technique

안찬규 · 유주봉 · 전준호 · 김우찬 · 양운근 · 나병구* · 이재호*

Chan Kyu An · Ju Bong Yu · Jun Ho Jeon · Woo Chan Kim ·
Woon Geun Yang · Byung Ku Nah* · Jae Ho Lee*

요 약

본 논문에서는 metamaterial CRLH(Composite Right- and Left-Handed) 구조 기반의 새로운 패치 안테나를 설계 제작하여 측정하였다. 일반 마이크로스트립 패치 구조의 기본 공진 모드인 반파장 공진이나 반파장 공진의 양의 정수배와 달리 제안된 안테나는 구조 전체에 전계가 같은 위상을 갖게 한다. 본 논문에서 제안하는 안테나는 요구되는, $\lambda/4$ 모노폴 안테나의 전형적인 특성인 전방향 패턴을 갖는 동시에 low-profile의 장점을 가진다. 제안된 안테나의 전산 모의 실험에는 Ansoft사의 FEM(Finite Element Method) 방식의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하였다. 제안된 안테나는 두께 1.6 mm, 유전율 4.4의 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 구현된 안테나는 S-DMB(Satellite-Digital Multimedia Broadcasting) 서비스에서 사용되는 2.63~2.655 GHz에서 VSWR(Voltage Standarding Wave Ratio) ≤ 2 임을 만족하며, 측정된 최대 이득과 효율은 각각 2.65 dBi와 81.14 %이다.

Abstract

In this paper, a novel patch antenna based on the metamaterial CRLH(Composite Right- and Left-Handed) structure is designed, implemented, and measured. Contrary to the standard microstrip patch's fundamental resonance mode of half-wavelength or its positive multiple, the proposed antenna shows the in-phase electric field over the entire antenna. The proposed antenna has a desired omni-directional field pattern which is typical characteristic of $\lambda/4$ monopole antenna, and also shows the merit of low profile. HFSS(High Frequency Structure Simulator) of Ansoft which is based on the FEM(Finite Element Method) is used to simulate the proposed antenna. FR-4 substrate of thickness 1.6 mm and relative permittivity 4.4 is used for the proposed antenna implementation. The implemented antenna showed VSWR (Voltage Standarding Wave Ratio) ≤ 2 for the frequency band from 2.63 GHz to 2.655 GHz which is used for S-DMB (Satellite-Digital Multimedia Broadcasting) service. And measured peak gain and efficiency are 2.65 dBi and 81.14 %, respectively.

Key words : Metamaterial, Patch Antenna, Omni-Directional, Low-Profile Antenna

I. 서 론

현대 사회가 급속도로 정보화됨에 따라 무선 통신을 통한 정보 교환이 큰 부분을 차지하게 되었다.

「본 안테나는 특허 출원되었음을 밝혀드립니다.」

인천대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, University of Incheon)

*한국안테나(Hankook Antenna Co., Ltd.)

· 논문 번호 : 20100616-078

· 교신저자 : 양운근(e-mail : wgyang@incheon.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 12월 6일

소비자들은 언제 어디서나 자신이 원하는 다양한 고품질 서비스를 제공 받기 원한다. 또한, 소비자들의 휴대용 디지털 통신기기의 선택에 있어 휴대성과 디자인 그리고 다양한 기능은 매우 중요한 요소이다. 따라서 휴대용 디지털 통신 기기는 추가적인 주변 기기의 구성이 없어야 하고 작은 크기를 가지면서도 다양한 기능을 제공하여야 한다. 그러나 일반적으로 물리적 크기에 의존하는 안테나의 효율은 많은 제약으로 작용한다^[1].

최근 무선 통신의 시장의 흐름은 크기의 소형화와 다양한 기능을 포함하면서 진화하고 있다. 최근 안테나 소형화나 성능 개선에 있어서 MTM(Metamaterial)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. MTM은 특정 주파수에서 자연 상태의 물질로는 존재하지 않는 음의 유전율 또는 음의 투자율을 가지도록 하는 것으로서, 전송 선로로 구현할 때는 기존의 RH(Right-Handed) 특성에 LH(Left-Handed) 특성을 가지는 전송 선로를 추가시켜 구현한다. 특히 전파상수가 0인 경우에는 파장이 무한대와 같아지게 되므로 전송 선로의 물리적인 길이는 상관없이 구조상에 동위상의 전자기장을 형성할 수 있으며, 부품의 소형화나 성능 개선을 얻을 수 있다^{[2],[3]}. 이러한 특성을 이용하면 ZOR(Zeroth-Order Resonator)와 같은 길이에 무관한 공진기의 설계가 가능하다. 이를 이용한 안테나로 버섯 구조의 ZOR 안테나는 공진 주파수에서 무한 파장 특성을 갖기 때문에 패치에서 접지면으로 모든 전계가 수직으로 형성된다. 따라서 버섯 구조의 ZOR 안테나는 수평 자계 루프 전류를 형성하게 되어 전방향성 방사 패턴을 갖는 장점이 있다^{[4],[5]}. 무선 통신 단말기에는 위치에 따른 영향이 적은 전방향성 안테나가 적합하다. 전방향성 방사 패턴을 갖는 대표적인 안테나는 모노폴 안테나가 있다.

본 논문에서는 메타 물질기법을 이용하여 전방향성 방사 패턴을 갖는 low-profile 안테나를 설계 및 제작하고 그 성능을 측정하여 제시한다. 제안된 안테나가 S-DMB(Satellite-Digital Multimedia Broadcasting)에서 사용되는 주파수 2.63~2.655 GHz의 대역에서 Voltage Standing Wave Ratio(VSWR)≤2를 만족함을 전산 모의 실험과 측정을 통하여 제시한다.

2장에서는 제안된 안테나의 이론과 설계 기법에 대해서 설명하였고, 3장에서는 구조와 동작특성을 제시하며, 4장에서는 제안된 안테나를 구현하여 그 성능을 측정하여 제시하며, 5장에서는 기존의 상용화된 안테나와 비교를 한다. 그리고 6장에서 결론을 맺는다.

II. 이 론

2-1 Metamaterial이란?

그림 1은 LH 물질의 특성과 전송 선로의 등가회로를 보여준다. 유전율과 투자율이 모두 음의 값을 가지면 그림 1의 (a)에서 볼 수 있는 것처럼 전자파의 위상 속도와 포인팅 벡터로 나타나는 에너지 전달 방향이 서로 반대 방향으로 되어 전자파의 군속도와 위상속도가 서로 반대 부호를 가지는 역방향 파로 진행하게 된다. 이 경우, 전계와 자계 그리고 전자파의 방향은 왼손 법칙을 따르게 되므로, 이를 LHM(Left-Handed Material)이라 부른다. 그림 1의 (b)는 LH 전송 선로의 등가회로로 직렬 커패시턴스와 병렬 인덕턴스로 구성된다. 단위 길이에 대한 직렬로 C_L' 과 단위길이에 대한 병렬 인덕턴스 L_L' 로 나타난다. 여기서 C_L' 는 직렬 임피던스로 표현하기 위해 사용한 기호로서, 임의의 길이 Δz 를 갖는 LH 전송 선로의 커패시턴스 성분을 C_L 이라 하면 임피던스

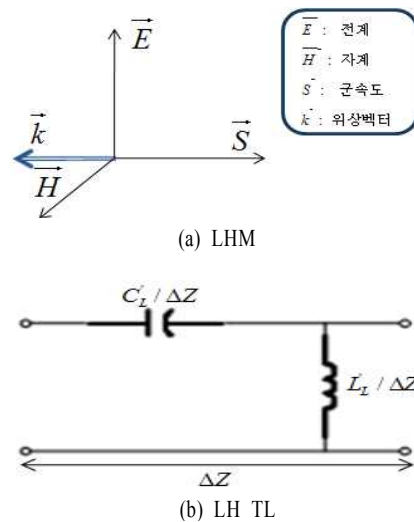


그림 1. LH 전송 선로의 등가회로
Fig. 1. Equivalent circuit of the LH transmission line.

값은 $1/j\omega C_L$ 이며, 단위 길이에 대한 임피던스 값으로 표현하면 $1/j\omega C_L \Delta z$ 이다. 여기서 L_L 은 $1/j\omega L \Delta z$ 이 된다. 그러므로 $C_L' = C_L \Delta z$ 이고, $L_L' = L_L \Delta z$ 이 된다. LH 전송 선로의 전자파의 전파 상수는

$$\beta = -\frac{1}{\omega \sqrt{L_L' C_L'}} \quad (1)$$

으로 나타난다^{[6],[7]}.

2-2 CRLH 전송 선로

LH 전송 선로를 물리적으로 구현하는데 있어서 기생적으로 RH 성분이 발생하게 된다. 따라서 RH 전송 선로와 LH 전송 선로를 통합한 구조인 CRLH (Composite Right and Left Handed) 전송 선로를 사용한다.

그림 2는 CRLH 전송 선로의 등가회로를 보여 준다. 그림 2와 같이 CRLH 전송 선로는 인위적으로 직렬 커패시턴스와 병렬 인덕턴스가 삽입됨으로써 구현이 가능하다. 또한, 일반적인 RH 전송 선로의 등가회로를 구성하는 직렬 인덕턴스와 병렬 커패시턴스 이외에도 패치와 패치 사이의 갭에 의한 직렬 커패시턴스, via에 의한 병렬 인덕턴스가 추가로 발생한다. 여기서 직렬 각공진 주파수(w_{se})와 병렬 각공진 주파수(w_{sh})를 구할 수 있다.

$$w_{se} = \frac{1}{\sqrt{L_R' C_L'}} \quad (2)$$

$$w_{sh} = \frac{1}{\sqrt{L_L' C_R'}} \quad (3)$$

여기서 $w_{se} = w_{sh}$ 일 경우에는 평형 CRLH이며, w_{se}

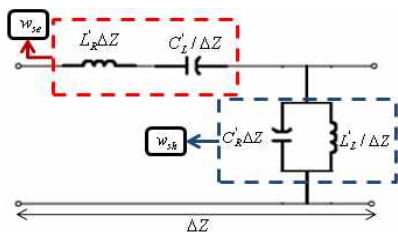
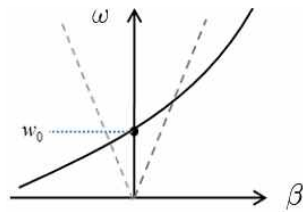
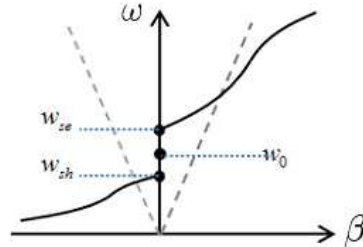


그림 2. CRLH 전송 선로의 등가회로
Fig. 2. Equivalent circuit of the CRLH transmission line.



(a) 평형 CRLH $\omega - \beta$ 선도
(a) Dispersion diagram of balanced CRLH



(b) 불평형 CRLH $\omega - \beta$ 선도
(b) Dispersion diagram of unbalanced CRLH

그림 3. CRLH 전송 선로의 $w - \beta$ 선도
Fig. 3. Dispersion diagram of CRLH transmission line.

$\neq w_{sh}$ 이면 불평형 CRLH가 된다. 이는 그림 3에서 확인할 수 있다^{[6],[7]}. 그림 3에서 $\beta=0$ 이 되는 공진 특성이 나타나는 w_0 는 복소 전파상수 $\gamma(\gamma = \alpha + j\beta)$ 가 0이 되는 경우이므로 물리적으로 최대 감쇠가 나타나는 주파수로 정의되며, 이 경우에는 에너지가 전송되지 않는다.

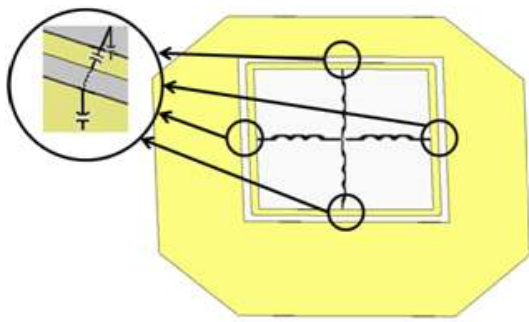
III. 안테나의 설계

3-1 설계 기법

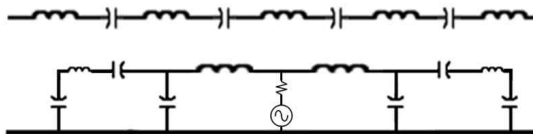
제안된 안테나는 상부기판과 하부기판으로 이루어져 있으며 상부기판에는 사각패치의 주기적인 배열이 이루어져 있고 하부기판은 그림 4의 (a)에서 보이는 바와 같이 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나 구조에 사각 링을 추가한 형태이다. 상부기판의 주기적인 사각패치 배열은 패치간의 간격에 의한 직렬 커패시턴스와 패치에 의한 인덕턴스가 존재한다. 그림 4의 (b)는 측면에서 본 상, 하부기판의 각각의 등가회로이다.

3-2 제안된 안테나의 구조

본 논문에서 제안하는 안테나의 기본 구조 및 파



(a) 안테나 하부 기판의 L, C 성분
(a) L, C components of lower layer of the antenna



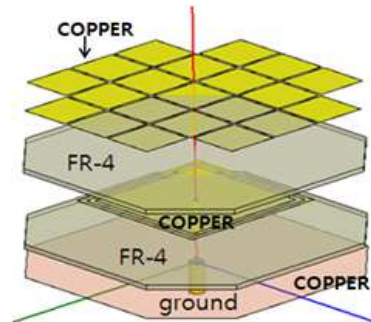
(b) 안테나 측면에서 본 상, 하부기판의 L, C 성분
(b) Side view of L, C components of upper and lower layers

그림 4. 안테나의 등가회로

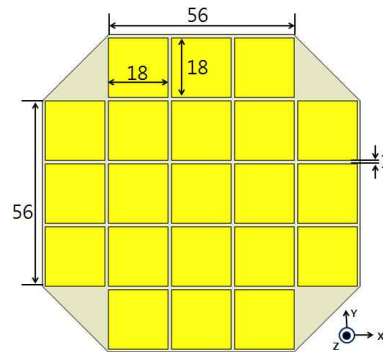
Fig. 4. Equivalent circuit of the antenna.

라미터 값은 그림 5와 같다. 제안된 안테나에 사용된 두 기판은 유전율 4.4, 높이가 1.6 mm인 FR-4이며, 전체 크기는 96.00 mm(W)×96.00 mm(L)×3.20 mm(H)이다.

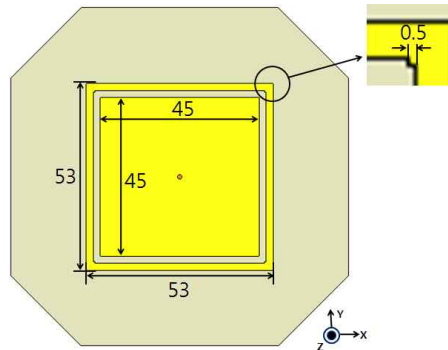
제안된 전방향성 평면형 안테나는 그림 5(a)에서 볼 수 있듯이 하부 기판 위에 주기적으로 배열된 18 mm×18 mm의 21개의 사각 패치를 1 mm의 간격으로 나열한 상부 기판을 적층하여 설계하였다. 안테나 하부 기판 패치의 길이는 공진 주파수를 결정하고, 상부 기판에 주기적으로 배열된 패치는 커패시턴스와 인덕턴스의 성분을 나타내게 된다. 일반적으로 안테나에 흐르는 전류 분포를 통해 안테나의 복사 패턴을 예상할 수 있는데, 상부 기판의 패치와 하부 기판의 패치의 전체적인 크기가 비슷하고, 두 패치 간의 수직 거리가 가까우면 각 패치에 흐르는 전류의 위상이 180°차가 나게 된다. 상부 기판의 패치와 하부 기판의 패치에 흐르는 전류의 위상이 180°차가 나게 되면 안테나의 복사 패턴이 모노폴 안테나의 복사 패턴과 유사한 전방향성을 나타내게 되며, 기존의 안테나보다 작은 크기의 전방향성 방사 패턴



(a) 안테나의 전체 구조
(a) Structure of the proposed antenna



(b) 안테나의 상부 기판
(b) Upper layer of the antenna



(c) 안테나의 하부 기판
(c) Lower layer of the antenna

그림 5. 제안된 안테나의 구조(단위: mm)

Fig. 5. Structure of the proposed antenna(unit: mm).

을 갖는 평면형 안테나를 구현할 수 있다^[8].

IV. 안테나 제작 및 측정

그림 6은 제작된 메타 물질 기법을 이용한 전방향성 평면형 안테나의 실제 사진을 보여 주고 있다. 안

테나 설계는 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 최적화된 안테나 파라미터를 추출하였고, 추출된 파라미터를 바탕으로 제작되었다. 제작된 안테나의 VSWR, 방사 패턴, 반사 손실의 특성은 Agilent사의 HP 8510C 네트워크 분석기를 이용하여 전자파 무반사실에서 측정하였다.

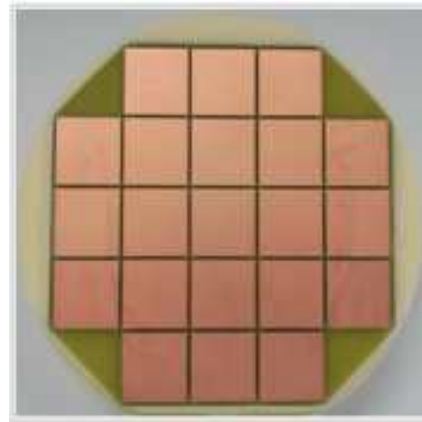
그림 7은 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 결과 및 측정 결과를 나타낸 그림으로서, S-DMB에서 사용하는 주파수 대역인 2.63~2.655 GHz에서 VSWR ≤ 2 을 만족함을 보이고 있다. 제작된 안테나의 크기는 $\phi 121.58 \times 16.05$ mm이다. 그림 7에서 케이스 없이 측정한 값보다 케이스에 넣은 후 측정한 결과가 전산 모의 실험의 값과 비슷한 것을 확인할 수 있으나, 실제 제작과정에서 생긴 오차 등의 이유로 전산 모의 실험 결과와 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

그림 8은 하부 기판만의 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 결과를 비교하였다. 사각 링 구조를 추가함으로써 3.2 GHz에서 VSWR < 2 인 기준을 만족하며 반사손실이 약 26 dB가 됨을 확인할 수 있다. 그러나 하부 기판만의 전산 모의 실험 결과, 상부 기판과 결합했을 때보다 높은 주파수에서 공진이 일어남을 확인할 수 있다.

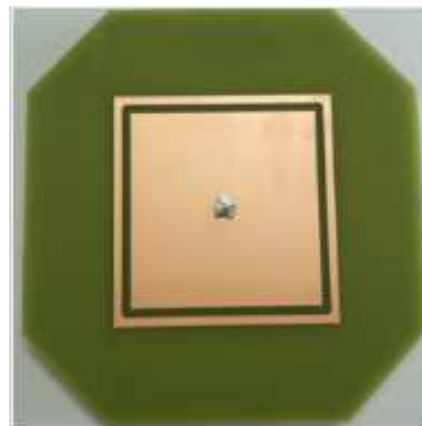
그림 9는 안테나의 상부 패치와 하부 패치 사이의 결합 간격에 따른 주파수 특성을 분석하였다. 0.6 mm, 1.6 mm 그리고 2.2 mm의 결합 간격에 따른 반사 손실을 분석하였다.

그림 10은 상부 패치의 크기 및 간격에 따른 반사 손실의 값을 비교하였다. 상부 패치의 크기는 L 의 성분을 가지며 간격은 C 의 성분을 나타내고 있다. 그림 10에서 제한된 기판 안에서 안테나를 배열 하기 때문에 패치의 크기가 작을수록 패치 사이의 간격은 크게 되는데, 일반적으로 패치 사이의 간격 이 가까울수록 대역폭이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

일반적인 패치 안테나의 경우, 패치가 단락 상태 이기 때문에 양쪽 모서리에서의 전압이 최대로 발생 하게 되어 전계 강도가 최대로 나타나며, 그 방향은 반대가 된다. 그러나 상대적으로 0차 공진 패치 안테나의 경우, 0차 공진이 발생하게 되어 안테나 패치 전반에 걸쳐 동일한 전계 벡터 분포를 보이고 있다.



(a) 안테나의 상부 기판
(a) Upper layer of the antenna



(b) 안테나의 하부 기판
(b) Lower layer of the antenna



(c) 위에서 본 안테나 모양
(c) Top view of the implemented antenna

그림 6. 제작된 안테나의 사진
Fig. 6. Photograph of the implemented antenna.

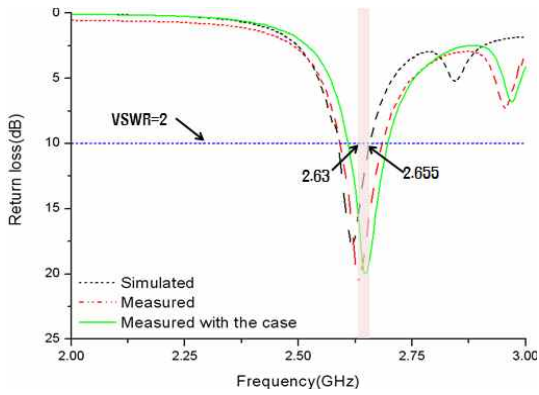


그림 7. 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 및 측정 결과
Fig. 7. Simulated and measured return loss.

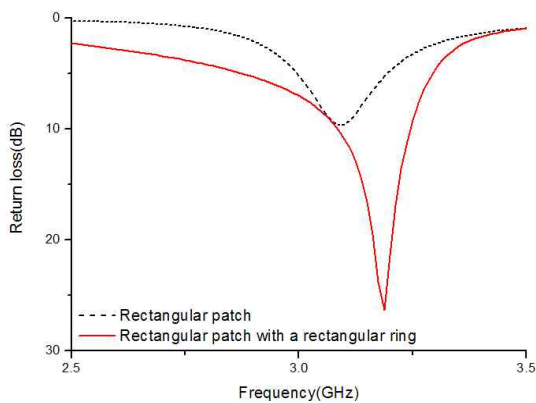


그림 8. 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 결과
Fig. 8. Simulated return loss.

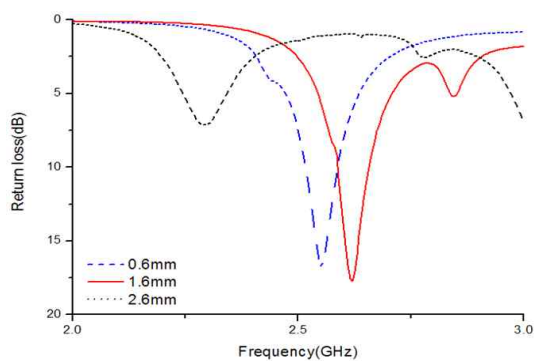


그림 9. 상하단부의 결합 구조에 따른 반사 손실
Fig. 9. Return loss according to the gap between upper and lower layers.

그림 11은 하부 기판만으로 제작된 안테나의 전계 분포를 보여주고 있고, 그림 12에서는 상·하부

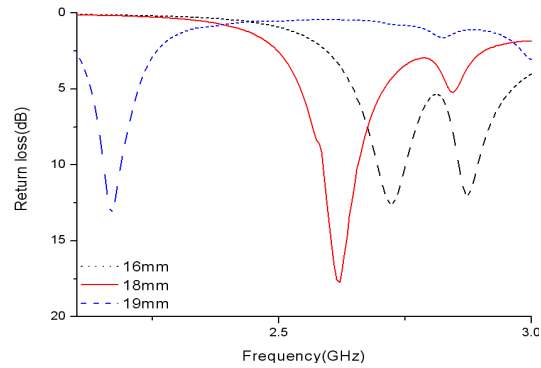


그림 10. 상부 기판의 패치 크기에 따른 반사 손실
Fig. 10. Return loss according to the size of upper patch.

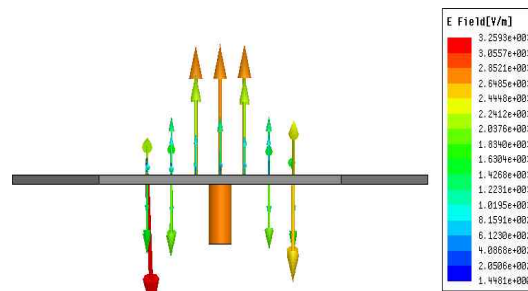


그림 11. 하부 기판의 전계 분포
Fig. 11. E-field distribution of the lower layer.

기판이 결합된 안테나의 전계를 보여주고 있다. 하부 기판만으로 설계된 안테나에 비해 제한된 안테나는 패치 전반에 걸쳐 동일한 전계 벡터 분포를 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 13은 제작된 안테나를 전자파 무반사실에서 측정된 방사 패턴과 전산 모의 실험을 통한 방사 패턴을 비교하여 보여주고 있다. 제작된 안테나는 전방향성의 패턴을 나타내며, 효율을 측정한 결과 2.63 GHz에서 73.45 %, 2.645 GHz에서 75.21 %, 2.655 GHz에서 76.48 %로 나타났으며, 최고 효율은 2.65 GHz에서 81.14 %로 나타났다.

그림 14에는 방사 패턴의 H-평면과 E-평면을 나타내었으며, 그림 14를 통해서 제작된 패치 안테나가 전방향성 방사 패턴이 됨을 확인할 수 있다.

그림 15는 기존의 S-DMB 대역에서 사용되는 전방향성 패턴을 가진 안테나이다. 모노폴 안테나로써 Gain>2.0 dBi이고, VSWR<1.5로 논문에 제시한 안테

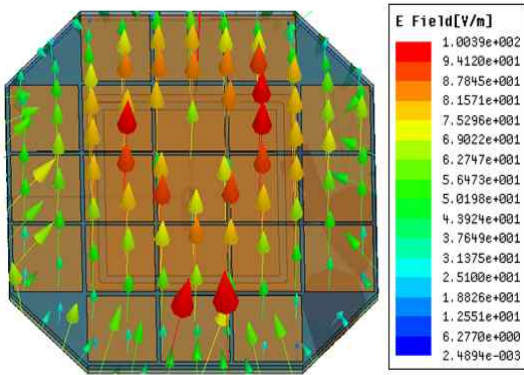
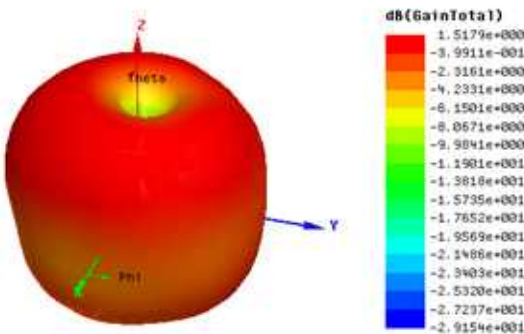
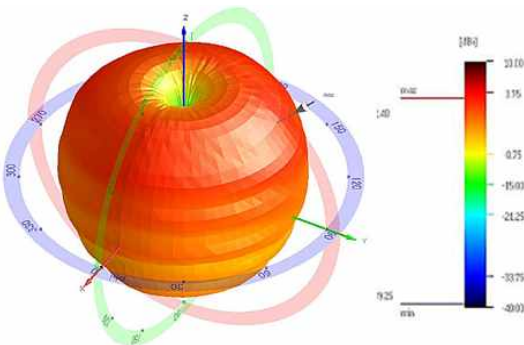


그림 12. 제안된 0차 공진 안테나의 전기 분포
Fig. 12. E-field distribution of the proposed ZOR antenna.



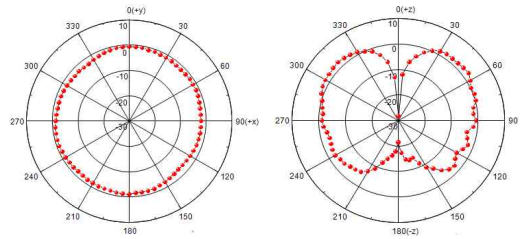
(a) HFSS의 3차원 방사 패턴
(a) Simulated 3D radiation pattern by HFSS



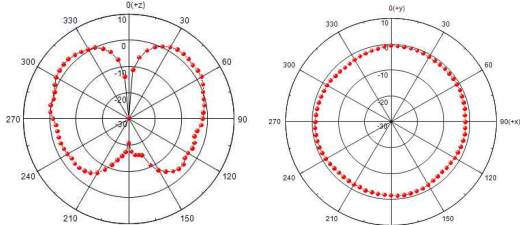
(b) 3D 무반사실에서 측정된 3차원 방사 패턴
(b) Measured 3D radiation pattern using anechoic chamber

그림 13. 구현된 안테나의 2.645 GHz에서의 3차원 방사 패턴의 결과
Fig. 13. Simulated and measured 3D radiation patterns of the proposed antenna at 2.645 GHz.

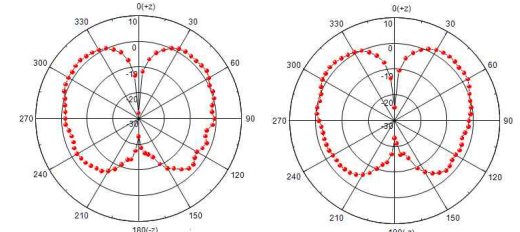
나와 거의 같은 성능을 가지고 있다. 그러나 크기면에서 $\Phi 114 \times 41.5$ mm로 제작된 안테나의 크기 Φ



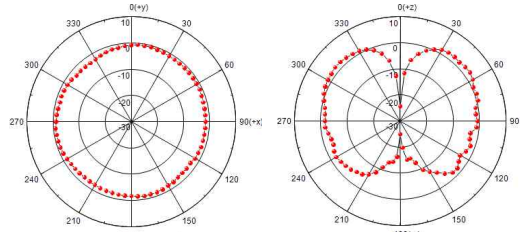
(a) H-Cut($\theta=90^\circ$) at 2.630 GHz
(b) E1-Cut($\Phi=0^\circ$) at 2.630 GHz



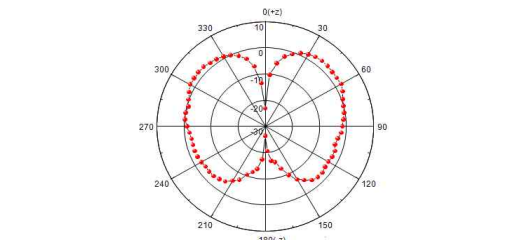
(c) E2-Cut($\Phi=90^\circ$) at 2.630 GHz
(d) H-Cut($\theta=90^\circ$) at 2.645 GHz



(e) E1-Cut($\Phi=0^\circ$) at 2.645 GHz
(f) E2-Cut($\Phi=90^\circ$) at 2.645 GHz



(g) H-Cut($\theta=90^\circ$) at 2.655 GHz
(h) E1-Cut($\Phi=0^\circ$) at 2.655 GHz



(i) E2-Cut($\Phi=90^\circ$) at 2.655 GHz

그림 14. 구현된 안테나의 방사 패턴 측정 결과
Fig. 14. Measured radiation patterns for the implemented antenna.



(a) 기존의 상품화 되어 있는 안테나의 측면
(a) Side view of the previously commercialized antenna



(b) 논문에 제시된 안테나의 측면
(b) Side view of the proposed antenna

그림 15. S-DMB 영역에서 동작하는 안테나
Fig. 15. Antenna for S-DMB reception.

121.58×16.05 mm보다 직경은 약간 작지만 높이면에서 제안된 안테나가 약 25 mm 낮아진 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 S-DMB 대역을 만족하는 메타 물질 기법을 이용한 전방향성 평면형 안테나를 제안하고 설계, 구현하였다. 안테나의 크기는 96.00 mm(W)×96.00 mm(L)×3.20 mm(H)이며, 제안된 안테나는 S-DMB 대역인 2.63~2.655 GHz까지의 대역에서 VS-WR≤2를 만족하였다.

제안된 안테나는 하부의 패치 위에 주기적인 사각 패치의 상부를 적층하였다. 2.645 GHz에서 전산모의 실험과 제작된 안테나 측정을 통해 얻은 3D 방사 패턴을 제시하였으며, 원하는 대역에서 전방향성 방사 패턴을 보였다. 측정된 최대 이득은 2.63 GHz에서 2.42 dBi, 2.645 GHz에서 2.53 dBi, 2.655 GHz에서 2.65 dBi이다.

기존 A사의 2.63~2.655 GHz 대역에서 사용되는 상용 S-DMB 안테나가 외관 사이즈 기준으로 $\phi 114 \times$

41.5 mm의 크기를 갖는 것과 비교했을 때 제안된 안테나는 $\phi 121.58 \times 16.05$ mm로 전방향성 특성을 유지하면서도 높이가 대폭적으로 낮게 구현되었다. 이는 2.63 GHz에서 $\lambda/4$ 가 약 28.5 mm인 것을 감안하면 메타 물질 기법을 이용한 평면 패치 형태로 구현하여 전방향 방사 패턴을 가지면서 높이가 대폭 낮아졌음을 볼 수 있다. 이를 이용하여 천장 부착형 안테나로 사용될 경우, 디자인 측면에서 긍정적인 응용이 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 성원모, "Metamaterial 소형 안테나 개발 및 동향", 한국전자과학회 전자과학기술, 20(2), pp. 24-32, 2009년 3월.
- [2] 장건호, 강승택, "직각 링과 용량성 결합된 마이크로스트립 패치 구조의 새로운 2차원 메타물질 구조 CRLH 0차 공진 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 21(2), pp. 143-151, 2010년 2월.
- [3] Christophe Caloz, Tatsuo Itoh, *Electro Magnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Application*, John Wiley & Sons, 2006.
- [4] A. Sanada, C. Caloz, and T. Itoh, "Novel zeroth-order resonance in composite right/left handed transmission line resonators", *Asia Pacific Microwave Conference*, vol. 3, pp. 1588-1591, 2003.
- [5] J. G. Lee, J. H. Lee, "Zeroth order resonance loop antenna", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 3, pp. 994-997, 2007.
- [6] 이홍민, 이동 통신용 안테나 설계 실무, 상학당, pp. 141-177, 2010년.
- [7] 임성준, "2010년도 제1회 안테나기술교육과정", 한국전파진흥원 전자파측정센터, pp. 171-199, 2010년.
- [8] 서영훈, 김태영, 김명기, 박익모, 서용교, 송기무, "전방향성 복사 패턴을 갖는 소형 평면 패치 안테나", 한국전자과학회논문지, 12(7), pp. 1094-1101, 2001년 12월.

안 찬 규



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 단말기안테나, RFID, Low-profile

양 운 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수
1997년 3월~2001년 12월, 2004년 2월~2005년 1월: (주) LG전자 (구 (주)LG정보통신 포함) 자문교수
2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 위원장
2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙연구원
2002년 3월~현재: (주)JT 기술자문교수
2003, 2004, 2005년도: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's who in the world" 등재
2005년~2006년판: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's who in Science and Engineering" 등재
[주 관심분야] 이동 통신 단말기, 안테나, 전자파 비흡수율

유 주 봉



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] UWB 안테나, 내장형 안테나

전 준 호



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 내장형 안테나, 단말기안테나

나 병 구



1994년 2월: 한양대학교 수학과 (이학사)
1996년 8월: 한양대학교 전파공학과 (공학사)
1996년 9월~1998년 4월: 현대전자정보통신연구소 연구원
1998년 4월~현재: 한국안테나 선행기술팀 책임연구원
[주 관심분야] 이동 통신 시스템, 안테나, 무선제어

김 우 찬



2009년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 9월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RFID, 내장형 안테나

이 재 호



1980년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1993년 8월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1982년 7월~2000년 2월: 삼성전자정보통신연구소 수석연구원
2000년 3월~2003년 10월: 동원시스템즈 연구소장
2003년 11월~2005년 10월: 웨이브일렉트로닉스 연구소장
2008년 6월~현재: 한국안테나 연구소장
[주 관심분야] 이동 통신 시스템, 안테나, 무선제어