

다이버시티 안테나의 소형화와 격리도 향상을 위한 미앤더 선로와 개방형 루프가 결합된 방사구조의 설계

논 문
61-1-19

Design of the Open-Loop Combined Meandered-Line 1-Layer Radiator for Diversity Antennas with Size-Reduction and Improved Isolation

목 세 균* · 강 승 택[†] · 김 용 진**
(Segyoon Mok · Sungtek Kahng · Yongjin Kim)

Abstract - This paper proposes a new diversity antenna which is the base of MIMO, tunable and reconfigurable antennas. The antenna has a small size and high inter-antenna isolation resulting from the compact radiating element comprising a meandered line and an open-loop combined in one limited uniplanar space and a modified T-shaped decoupling structure, respectively. In a WiMAX band, the radiating element and the entire antenna are 0.092λ and 0.2216λ in size, which shows effective size-reduction and the gain and efficiency of the proposed antenna attached to the ground of a handheld device are 3.7dBi and 56% acceptable to the industrial standard

Key Words : Diversity antenna, Antenna size-reduction, Isolation

1. 서 론

무선통신과 휴대용 단말기에 대한 필요성과 활용도가 날로 커져가는 가운데, 기술 발전에 대한 사용자의 요구가 증가하고 있다. 한 기기에서 여러 가지 서비스를 제공해야 하는 스마트 기기들이 대거 출시되면서 소비자들은 더 작고 성능이 좋은 것을 추구하게 되었다. 이러한 추세는 휴대용 기기 뿐 아니라, 휴대용기기를 사용하기 위한 통신환경을 제공하는 기기들도 마찬가지이다. 특히 큰 출력이 필요 없는 가정용 중계기 같은 경우는 원활한 통신이 가능하면서 크기가 작고, 외관상으로도 보기 좋고, 공간적으로도 절약이 되는 형태가 각광받고 있다. 따라서 중계기용으로 사용되는 안테나의 경우도 그 크기가 작아져야 한다. 그런데 중계기의 경우는 하나의 안테나만을 사용하지 않고 다수의 안테나를 사용해서, 송수신율을 높이게 된다. 이것이 다이버시티 안테나(Diversity Antenna) 사용목적이다. 하지만 다중 안테나를 사용하기 위해서는 안테나 간 거리가 반파장 이상 되어야만 만족할만한 격리도를 얻을 수 있기 때문에 안테나만을 소형화해서는 전체적인 소형화를 이룰 수 없다. 이에 따라 다수의 안테나 사이에서 높은 격리도를 갖는, 소형 구조는 활발히 연구되고 있다. Murch는 격리도 확보를 위해 하나의 안테나에서 다른 안테나로 넘어오는 근역장(near field)를 제어하는 구조를 가지는 안테나를 소개하고 있다[1, 2]. 안테나의 방사패턴과 격리도는 향상되었으나 크기에 있어서는 방사체와 격리도 구조가 단말기 접지의 상층부와 양 측면을

사용하여 소형화되지는 않았다. K. Payandehjoo는 두 안테나 사이의 커플링을 억제해 통한 Diversity 이득향상을 위해 EBG 구조를 사용하였다[3]. 그러나 크기는 시장 표준을 초과하는 것을 알 수 있다. X. Wang은 두 개의 Microstrip 급전 안테나를 단말기 크기에 맞도록 방사체를 수직으로 접어 층을 이루는 구조를 소개하였다. 또한 격리도 개선을 위해 미앤더 결합체 구조를 설계하였다[4]. 이를 통해 12dB 이상의 격리도를 확보하였지만 안테나의 전체적인 체적은 증가하고 이중 안테나의 결합의 모양을 띄게 되었다. 이들을 통해, 산업적 요구에 부합하는 안테나의 성능을 가지면서 결합체가 포함된 전체구조의 소형화가 절실히 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 위상차를 이용한 결합체구조를 삽입하여 안테나의 거리를 최소화 하면서도 격리도를 크게 향상시키는 것을 목표로 하였다. 안테나의 경우는 소형화를 위하여 급전이 되는 부분부에 접지를 시키고 미앤더 라인으로 길게 꺾어서 설계하여 전류 경로를 길어지게 하는 효과를 얻어 작게 설계를 하였다. 이렇게 설계된 안테나를 가깝게 위치시킨 뒤 결합체구조를 삽입하여 그 격리도를 모의실험 결과를 기준으로 9dB에서 20dB로 향상시켰다. 또한 측정치에서도 17dB이상으로 높은 격리도를 가지는 특성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 단일 안테나의 설계

소형 단말기용으로 사용하기 위해서 전체적인 크기가 작아져야 하는데, 안테나나 주 방사체가 차지하는 면적이 작다면 전체적인 크기가 소형화되는데 도움이 될 것이다. 따라서 전기적 길이에 의존하는 안테나의 체적을 줄이기 위해서 급전부에서부터 미앤더 라인을 연결하여 전류경로를 늘임으로써 전기적 길이를 길게 하였고, 개방 루프를 미앤더 라인의 끝에 직렬로 연결하여 전체 안테나 방사체를 구성하였

* 준 회 원 : 인천대학교 정보통신공학과 석사과정

** 정 회 원 : 인천공업전문대학 전기정보과 조교수

[†] 교신저자, 정회원 : 인천대학교 정보통신공학과 교수

E-mail : s-kahng@incheon.ac.kr

접수일자 : 2011년 12월 16일

최종완료 : 2011년 12월 26일

다. 새롭게 제안된 본 구조의 모습은 그림 1에서 확인 할 수 있다. 기판은 높이가 2mm(0.016λ)이고 비유전율 ε_r이 4.3 인 FR4를 사용하였다.

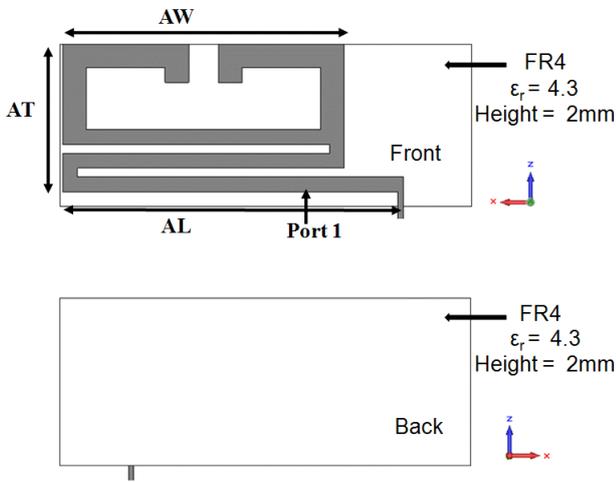


그림 1 단일 안테나의 구조

Fig. 1 Geometry of the single antenna.

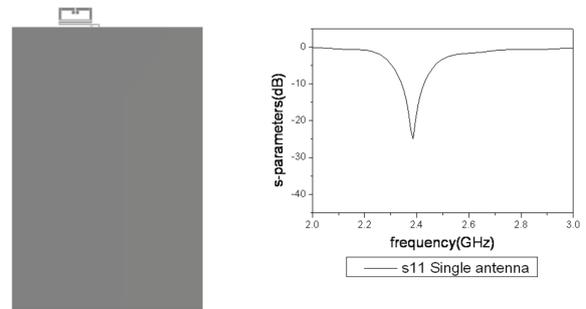
표 1 단일안테나의 크기

Table 1 Size of the single antenna.

파라미터	크기
AW(Antenna Width)	9.5mm(0.076λ)
AT(Antenna Thickness)	5.5mm(0.044λ)
AL(Antenna line length)	11.5mm(0.092λ)

그림 1에서 설계한 단일 안테나 즉 기본 방사체의 경우, FR4 기판의 상면에는 금속 패턴이 있고, 후면에는 별도의 접지면 없이 휴대용 단말 전체의 접지로부터의 급전부가 연결된 것이다. 안테나 쪽인 앞쪽에서 확인 할 수 있듯이 안테나를 크게 두 부분으로 나눌 수 있는데, 미앤더 라인과 개방형 루프이다. 미앤더 라인은 대부분의 공진전류를 유도한다. 미앤더링으로부터 강화된 인덕티브 성분을 보상하고 방사체 전체 길이를 줄이기 위해 커패시티브 갭을 위한 개방형 루프가 연결되어 있는 새로운 구조이다. 설계요소는 미앤더 라인의 L과 마주보는 선로들의 C, 개방형 루프의 길이에 따른 L과 갭에 의한 직렬 C이므로, 각 부분을 적절히 조절하여 안테나의 성능을 스펙에 맞출 수 있다. 본 논문에서는 고역대 MIMO로 사용되는 2.4GHz를 목표로 하였기 때문에 단일 안테나의 경우 2.4GHz에 맞추어 설계를 했다. 이렇게 설계된 안테나를 면적이 54mm(0.432λ) × 81mm(0.648λ)이고 높이가 1mm(0.008λ)인 본체 접지면에 연결하였을 때의 특성을 확인하기 위해서 본체 접지면 가장자리에 안테나를 설치하여 모의실험을 진행하였다. 그림 2는 안테나와 본체 접지면에 부착하여 모의실험한 모델과 반사계수 S-파라미터 결과이다. 본체 접지면에 안테나를 바로 위치시키면 다른 부품들과의 간섭이 있을 수 있기 때문에 본체 부분에 걸치지 않는 위쪽 가장자리 부분으로 안테나를 위치시켰다. 그림 2(b)에서 보듯이 단일 안테나는 2.4GHz에

서 공진하는 것을 확인할 수 있다. 대역폭은 70MHz으로 사용 MIMO 채널 하나의 것과 같다. 표1에서는 안테나 방사체의 대략적인 크기를 나타낸다. 선로의 폭은 개방형 루프의 경우 0.5mm(0.004λ)이고 미앤더 라인의 경우는 0.35mm(0.0028λ)이고 미앤더 라인의 간격은 0.3mm(0.0023λ)이다.



(a) 모의실험모델

(b) 반사계수(s11) 모의실험 결과

(a) simulation model

(b) simulated return loss(s11)

그림 2 단일 안테나를 단말기 접지면에 연결한 모의실험 모델 및 반사계수 모의실험결과.

Fig. 2 Simulation model of the connected single antenna with ground of terminal and its simulated result.

그림 2에서 공진 주파수가 2.4GHz와 근접한 것을 확인할 수 있는데, 실제로는 2.38GHz이다. 이때의 대역폭이 S₁₁ = -10dB를 기준으로 70MHz이며 상용 통신용 하나의 채널로 사용가능한 것으로 판단된다. 안테나의 전체 크기는 12mm(0.096λ) × 9.5mm(0.076λ)로 각각 반파장(62.5mm)보다 작은 크기로 설계가 되었다. 목표주파수인 2.4GHz가 대역폭 안에 들어가기 때문에 전류분포를 확인 해보았다. 그림 4는 단일 안테나의 전류 분포를 나타내는데 미앤더 라인에 전류가 몰려 있고 개방형 루프는 C형 리액티브(비공진형) 중 단역할을 하여 약하면서 많이 퍼져 있는 것을 확인 할 수 있다.

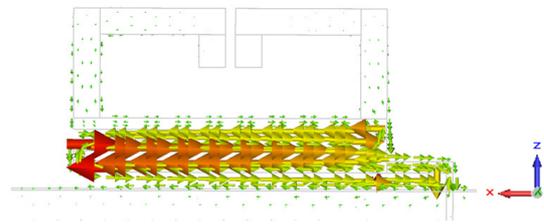


그림 3 단일 안테나의 전류분포

Fig. 3 Surface current distribution of the single antenna.

그림 4는 단일 안테나의 방사패턴을 나타내는데, 방사패턴이 본체 쪽으로 치우쳐져 있고 중앙을 기준으로 안테나 쪽인 x축에 높은 이득이 나타남을 알 수 있다. 모의실험 단계에서 안테나의 효율은 70%이고 최대이득은 4.4dBi이다.

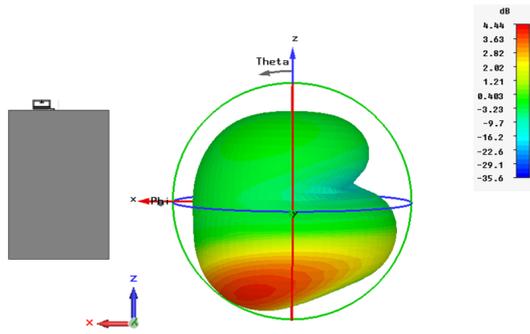


그림 4 단일 안테나의 방사패턴
Fig. 4 Radiation pattern of the single antenna.

2.2 공간 다이버시티 안테나의 설계

2.1절에서 설계한 단일 안테나를 가지고 공간 다이버시티를 이용하거나 배열을 이용하기 위해서 복수 구조 형태로 한 본체 접지면에 연결하여 모의실험을 수행한다. 그림 5은 두 개의 안테나 방사체들을 동시에 접지면 가장자리에 두고 설계한 모델이다. 안테나를 대각선이나 다른평면에 위치시키면 격리도 향상이 되지만 결론적으로 거리가 멀어져 전체 크기가 커지는 효과가 나타나게 된다. 따라서 상위 가장자리에서 방사체들을 가까이 두면서도 높은 격리도를 가지게 만들어야 효과적인 소형화가 이루어 졌다고 할 수 있기 때문에 같은 가장자리에 두 방사체들을 가깝게 두고 모의실험을 진행하였다. 그림 5에서 표시된 안테나의 거리에 따라서 안테나의 격리도가 바뀌게 되는데, 거리가 멀수록 좋고 그 거리가 반파장 이상이 되면 좋겠지만 이렇게 되면 전체적인 크기가 커지기 때문에 좋지 않은 방법이다.

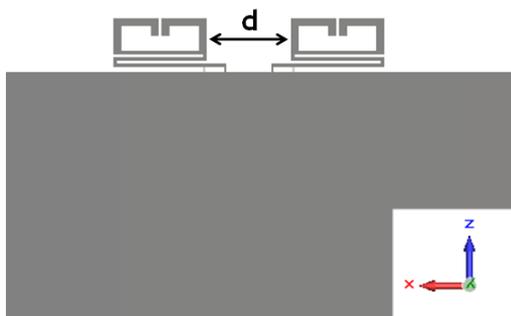


그림 5 다이버시티 안테나의 모의실험 모델
Fig. 5 Simulation model of the diversity antennas.

그림 6은 안테나를 다이버시티 형태로 붙였을 때 안테나의 s파라미터 결과를 나타내는데 안테나의 격리도가 9dB 정도로 나타난 것을 확인 할 수 있다. 실제 측정을 할 경우는 모의실험보다 나빠지기 때문에 모의실험에서 20dB 이상의 격리도를 가져야만 실측에서 15dB가 넘는 격리도를 확보할 수 있다.

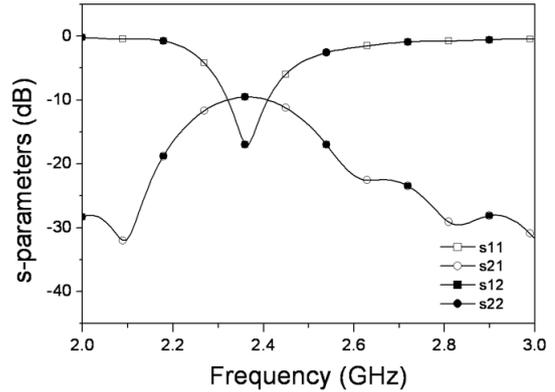


그림 6 다이버시티 안테나의 S파라미터 모의실험결과
[격리도(s_{21}, s_{12}), 반사계수(s_{11}, s_{22})]
Fig. 6 Simulated S-parameters of diversity antennas.
[Isolation(s_{21}, s_{12}), Return loss(s_{11}, s_{22})]

안테나 방사체들간 격리도가 좋지 않은 이유를 알아보기 위해서 각 포트를 하나씩 입력한 상태에서의 전류분포를 확인해보았다. 그림 7의 (a)에서 확인할 수 있듯이 안테나 1(왼쪽)에서 발생하는 전류가 안테나2(오른쪽) 쪽으로 많이 유기되는 것을 확인할 수 있다. 거리가 가까우면 전류가 누설될 가능성이 높기 때문에 격리도가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 마찬가지로 안테나2(오른쪽)만 동작할 때도 안테나 1(왼쪽)로 전류가 많이 유기되는 것이 확인된다.

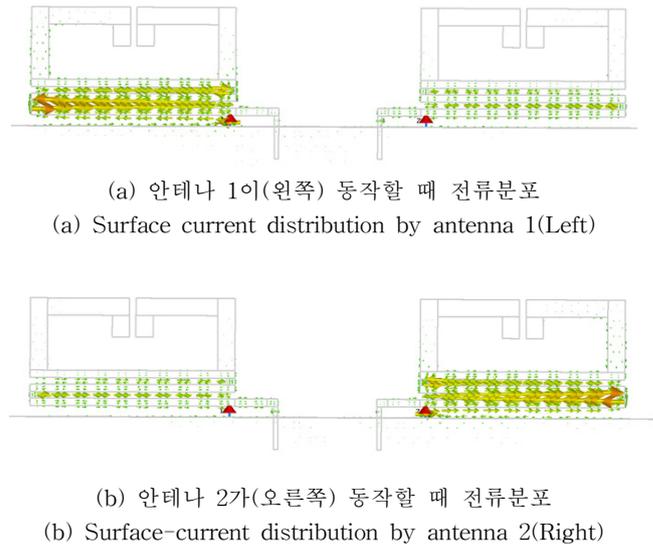


그림 7 다이버시티 복수 안테나의 표면전류분포
Fig. 7 Surface current distribution of diversity antenna

그림 8은 안테나의 모의실험 방사패턴으로, 두 안테나 방사체들 모두 최대이득이 4.01dBi이다. 단일 안테나만 놓고 모의실험을 했을 때보다 0.4dBi감소하였지만 유사한 방사패턴을 가지는 것을 확인할 수 있다. 그림 8(b)의 경우는 안테나2가 중앙에서 우측에 있기 때문에, 우측 아래 부분으로 전자파의 분포형태가 대칭으로 동일한 패턴을 가지는걸 보여 준다. 이득의 감소는 전류가 옆으로 누설되기 때문이다.

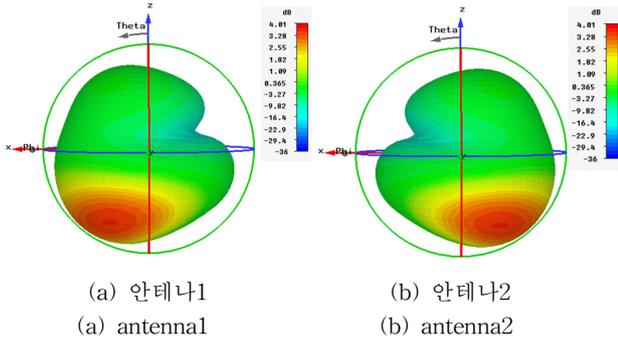


그림 8 다양성 복수 안테나 형태에 의한 방사패턴
Fig. 8 Radiation patterns of diversity antennas

2.3 결합제거 구조 삽입을 통한 안테나 방사체들간의 격리도 향상.

위 2.2절의 경우는 격리도가 10dB보다 낮은 9dB정도로 나타났는데, 안테나들간의 거리가 가깝기 때문에 누설전류에 의해 결합되기 때문에, 안테나 거리가 멀어지면 격리도가 어떻게 변하는지 모의실험을 진행해 보았다. 그림 8은 안테나의 거리에 따른 격리도 변화 결과로, 안테나 방사체들간의 거리가 클수록 격리도가 향상되는 것을 볼 수 있지만 일정 거리 이상에서는 거리가 증가해도 소폭의 격리도 향상만 있다는 것이 관찰된다.

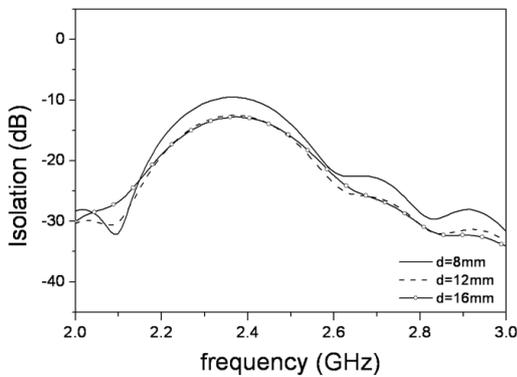


그림 9 다양성 안테나들간의 거리에 따른 격리도의 변화
Fig. 9 Isolation changes depending on the distance between diversity antennas.

거리가 8mm(0.064λ)에서 12mm(0.096λ)로 늘어날 때 격리도 향상이 있었지만, 12mm(0.096λ)에서 16mm(0.128λ)로 갈 때는 미미한 향상만 있었다. 이러한 추세로 볼 때 안테나간 거리를 늘려서 15dB이상의 고격리도를 확보하려면 보다 더 먼 거리만큼 안테나를 떨어뜨려야하고 결론적으로 다양성 복수 안테나 전체구조가 커질 것이다. 거리를 멀게 하여 격리도를 확보하는 것에는 한계가 있어 본 논문에서는 격리도 확보를 위한 방법으로 안테나 전류의 간섭을 줄여 줄 수 있는 결합제거구조를 삽입하는 방법을 선택하였다[5].

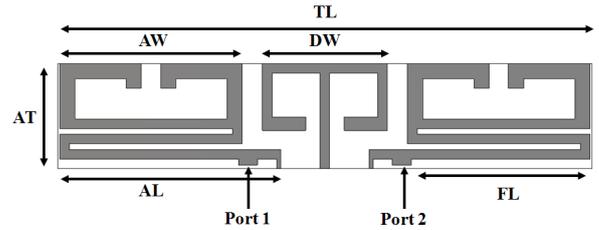
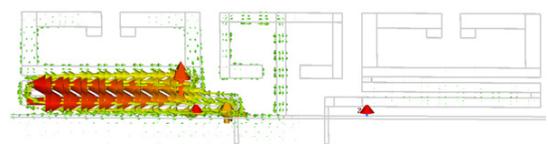


그림 10 결합제거구조가 삽입된 다양성 복수 안테나
Fig. 10 Diversity antennas with the decoupling structure.

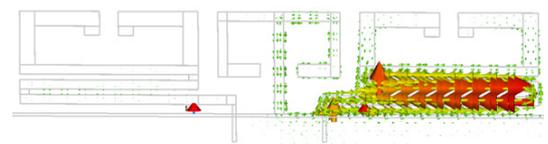
표 2 결합제거구조가 삽입된 다양성 안테나의 크기
Table 2 Size of the diversity antenna with decoupling structure.

파라미터	크기
AW(Antenna Width)	9.5mm(0.076λ)
AT(Antenna Thickness)	5.5mm(0.044λ)
AL(Antenna line Length)	11.5mm(0.092λ)
FL(Feed line Length)	9.3mm(0.074λ)
DW(Decoupling Width)	6.5mm(0.052λ)
TL(Total Length)	27.7mm(0.2216λ)

그림 11은 결합제거 구조가 삽입된 다양성 복수 안테나를 접지면에 부착하였을 때의 전류분포인데, 결합제거구조를 통해 전류가 유기되는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 현상으로 안테나 전류 경로의 길이가 길어져 공진 주파수의 이동이 나타나게 된다. 따라서 선로 폭을 조정하여 안테나의 공진 주파수를 2.4GHz로 조정하였다. 또한 전류 분포를 통해서 확인 할 수 있는 것은 결합제거 구조에 전류가 유기됨에 따라 다른 방사체에 유기되는 전류의 양이 현저하게 줄어든다는 것이다. 이것은 안테나들간 간섭이 줄어들어 결론적으로 격리도 향상을 가져오게 된다.



(a) 안테나 1이(왼쪽) 동작할 때 전류분포
(a) Surface current distribution by antenna 1(Left)



(b) 안테나 2가(오른쪽) 동작할 때 전류분포
(b) Surface-current distribution by antenna 2(Right)

그림 11 결합제거 구조가 삽입된 다양성 복수 안테나의 표면전류분포
Fig. 11 Surface-current distribution of the diversity antennas with the decoupling structure.

그림 12는 다이버시티 복수 안테나의 s파라미터 결과로 격리도가 20dB로 크게 향상된 것을 확인 할 수 있다. 결합제거 구조에 의해 전류가 다른 안테나로 유가되지 않아 향상된 결과라고 할 수 있다.

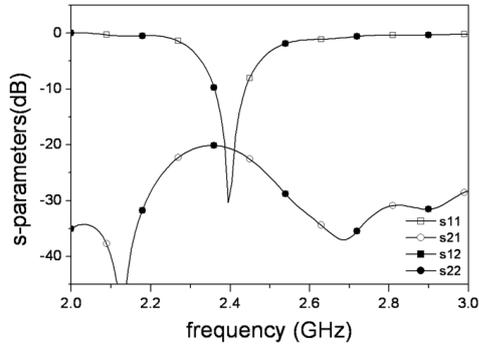
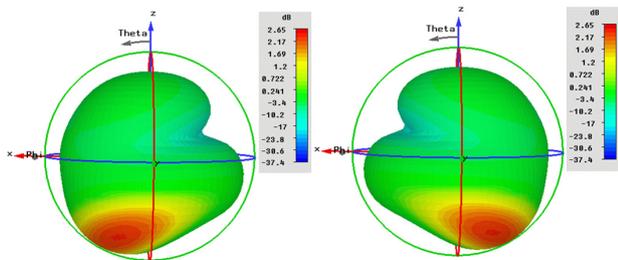


그림 12 결합제거구조가 삽입된 다이버시티 복수 안테나의 s-파라미터 모의실험결과

Fig. 12 Simulated s-parameters of diversity antennas with the decoupling structure.

그림 13은 다이버시티 복수 안테나의 방사특성을 나타내는데 안테나 이득이 격리도 구조를 삽입하기 전인 4.01dBi 보다 1.5dBi 낮아진 2.63dBi로 낮아진 것을 확인 할 수 있다. 안테나 효율도 64%정도로 모의실험 되었으며 격리도 구조를 삽입하기 전보다 7%가량의 손실이 생겼다. 하지만 격리도가 2배 이상 향상이 되었기 때문에 전체적인 성능은 향상되었다고 볼 수 있다. 그리고 이득과 효율 모두 개발요구 사항 관점에서 받아들여 질 수 있다.



(a) 안테나1 (a) antenna 1
(b) 안테나2 (b) antenna 2

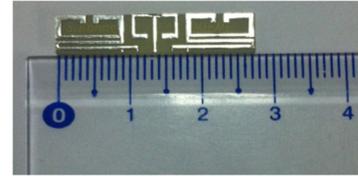
그림 13 결합제거구조가 삽입된 다이버시티 복수 안테나의 방사패턴

Fig. 13 Radiation patterns of diversity antennas with the decoupling structure.

2.4 제안된 다이버시티 복수 안테나의 측정결과

이번 절에서는 2.3절에서 최종 설계한 다이버시티 복수 안테나를 실제 측정하여 안테나의 설계법을 검증하고자 한다. 그림 13은 제작한 안테나의 사진이다. 기판은 모든 모의 실험에서 사용한 기판과 같은 것으로, 높이가 2mm이고 비 유전율 ϵ_r 이 4.3인 FR4를 사용하였다. 그림 13(b)는 실제 측

정을 하기위해서 본체의 접지면에 안테나를 부착하여 급전 시킨 형태이고 안테나를 실측할 때 사용되었다.



(a) 결합제거구조가 삽입된 다이버시티 복수안테나
(a) Diversity antennas with the decoupling structure



(b) 그림 14(a)와 본체의 접지면을 연결한 구조
(b) Connecting Fig. 14(a) with the system ground

그림 14 제작된 다이버시티 복수 안테나의 사진

Fig. 14 Photos of fabricated diversity antennas

그림 15는 모의실험과 실측된 s파라미터를 비교하는 그림으로, 격리도가 20dB에서 17dB로 감소하였지만 비슷한 특성이 나타나는 것을 확인하였다. 안테나의 경우 환경에 민감하기 때문에 실제 측정할 때 격리도가 5dB정도 낮게 나올 수 있다는 것을 감안하면 모의실험과 거의 동일한 결과를 나타낸다고 할 수 있다.

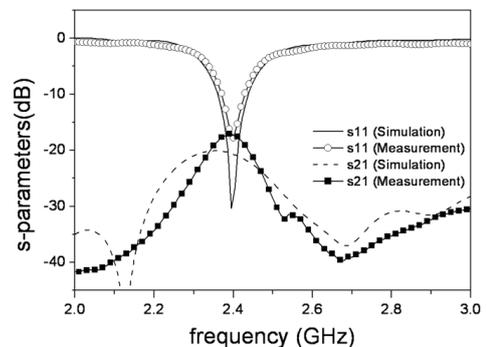


그림 15 설계된 다이버시티 복수 안테나 측정 및 모의실험 s-parameter결과 비교

Fig. 15 Comparison between simulated and measured s-parameters of the diversity antennas with the decoupling structure.

그림 16은 모의실험과 측정된 방사패턴을 비교한 결과이다. E-cut과 H-cut에서 모의실험과 실측값이 거의 비슷하게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

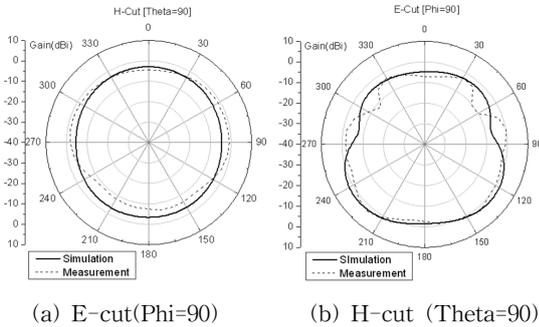


그림 16 다이버시티 복수 안테나의 측정 및 모의실험 방사 패턴 비교 (2D-polar plot)

Fig. 16 Comparison between simulated and measured radiation patterns of the diversity antennas with the decoupling structure (2D-polar plot).

그림 17은 측정 및 모의실험 방사패턴의 전체적인 유사성을 확인하기 위한 것으로, 최대이득을 가지는 부분에서의 Theta-cut과, Phi-cut을 나타내는 그림이다. 그림 17의 (a)에서는 모의실험과 측정결과 모두 안테나가 달린 부분에서 아래쪽인 $\Theta=210^\circ$ 부근에서 최대이득이 분포하는 것을 확인 할 수 있고, 그림 17의 (b)에서는 $\Phi=0^\circ$ 인 부분에 최대이득이 분포하는 것을 알 수 있는데, 이 두 그림의 결과는 3D 모의실험 방사 패턴인 그림 13의 (a)처럼 방사패턴이 본체 쪽으로 치우쳐져 있고 중앙을 기준으로 안테나 쪽인 x축에서 높은 이득을 가지는 특성을 2D-Polar plot으로 나타낸 것으로, 모의실험과 측정결과가 유사하게 나타남을 확인할 수 있다. 종합적으로 볼 때 모의실험과 측정치가 유사하게 측정되었으며, 2.4GHz에서 안테나의 최대 이득효율은 모의 실험의 경우 각각 2.65dBi와 65%로 나타났고, 측정결과와 비교는 각각 3.67dBi와 56.75%로 측정되었다.

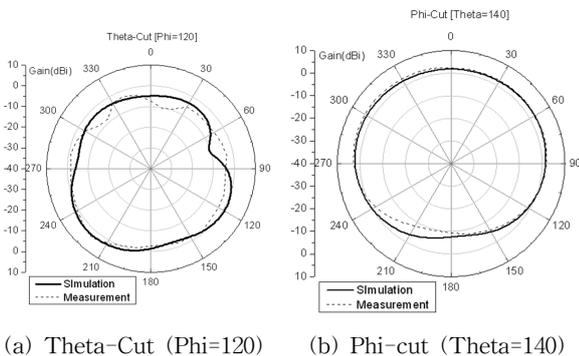


그림 17 최대이득 지점에서의 다이버시티 복수 안테나 측정 및 모의실험 방사패턴 비교 (2D-polar plot)

Fig. 17 Comparison between simulated and measured radiation patterns at peak gain of the diversity antennas with the decoupling structure(2D-polar plot).

3. 결 론

본 논문에서는 미앤더 선로와 개방형 루프가 결합된 형태의 방사체를 설계 하였으며, 결합체구조의 삽입을 통한 전체의 크기가 0.2216λ 로 소형화된 고 격리도 다이버시티 복수 안테나로 제안하였다. 단일 안테나 간의 거리를 가깝게 유지하면서도 안테나의 격리도는 모의실험을 기준으로 9dB에서 20dB로 약 11dB향상시켰으며, 측정치의 경우도 17dB로 높은 격리도를 가지도록 전체 다이버시티 복수 안테나를 설계 하였다.

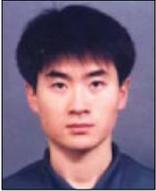
감사의 글

이 논문은 2011년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 신진연구비지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (NO. 2011-005389)

참 고 문 헌

- [1] A. K. Mak, C. R. Rowell, and R. D. Murch, "Isolation Enhancement Between Two Closely Packed Antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.56, pp.3411-3419, 2008
- [2] Chi-Yuk Chiu, Jie-Bang Yan, and R. D. Murch, "24-Port and 36-Port antenna cubes suitable for MIMO wireless communications", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, pp. 1170-1176, Apr. 2008.
- [3] K. Payandehjoo and R. Abhari, "Employing EBG Structures in Multiantenna Systems for Improving Isolation and Diversity Gain," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol.8, pp.1162-1165, 2009
- [4] X. Wang, Z. Feng and K.-M. Luk, "Pattern and Polarization Diversity Antenna With High Isolation for Portable Wireless Devices," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol.8, pp.209-211, 2009
- [5] S. Yoo, S. Kahng, and J. Kim "A Compact MIMO Antenna using ZOR Split Ring Resonator Radiators with a Decoupling Structure" *Microwave Journal*, vol. 54, no. 11, pp. 26, November 2011

저 자 소 개



강 승 택 (姜 勝 澤)

2000년 한양대학교 전자통신 공학박사
2000년 한양대학교 산업과학연구소 연구원
2004년 한국전자통신연구원 통신위성개발센터 선임연구원, 2004~현재 인천대학교 정보통신공학과 교수, 2007~현재 송도 국방벤처 자문교수

[주 관심분야] 전자파 수치 해석 및 응용, EMI/EMC 대책, 초고주파 부품 및 안테나 설계, 메타물질구조 이론 및 응용



목 세 균 (睦 世 均)

2010년 인천대학교 정보통신공학과 졸업
2010년~현재 인천대학교 정보통신공학과 석사과정

[주 관심분야] 초고주파 부품 설계 및 안테나



김 용 진 (金 容 進)

1996년 2월 : 오하이오주립대학교 전기공학과 (공학석사), 2003년 6월 : 오하이오주립대학교 전기공학과 (공학박사), 2003년 7월 ~ 2007년 3월 : 삼성종합기술원 전문연구원, 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 전기 정보과 조교수

[주 관심분야] RF, 소형 안테나, 지향성 안테나, 최적화 알고리즘