

십자 슬롯을 이용한 광대역 원형편파 적층 개구결합 마이크로스트립 안테나

Wide Bandwidth Circularly Polarized Aperture Coupled Microstrip Antenna using Cross-slot

양태식 · 이범선

Tai-Sik Yang · Bom-Son Lee

요 약

단일 급전구조를 갖는 새로운 구조의 십자슬롯 결합 광대역 원형편파 적층 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하고 측정하였다. 설계된 단일 방사소자의 10 dB 반사손실 대역폭은 34.5 % (9.45~13.54 GHz), 3 dB 축비 대역폭은 18.7 % (11.17~13.39 GHz), 6 dB 이득 대역폭은 29 % (10.21~13.64 GHz)로 광대역 특성을 갖는다. 순차적 회전 배열 방식을 이용하여 설계한 2×2배열 안테나의 10 dB 반사손실 대역폭은 35.9 % (9.69~13.94 GHz), 3 dB 축비 대역폭은 34.6 GHz (9.93~14.03 GHz), 12 dB 이득 대역폭은 27.4 % (10.35~13.6 GHz)로 더욱 개선된 광대역 특성을 갖는다. 이 방법을 이용하여 확장된 8×8배열 안테나를 제작하여 측정한 결과, 10 dB 반사손실 대역폭은 27.3 % (10.17~13.41 GHz), 3 dB 축비 대역폭은 27.9 % (10.1~13.4 GHz)로 나타났고, 방사패턴은 이론에 의한 것과 거의 일치하였다. 이 안테나는 Ku대역에서 광대역 응용이 필요한 분야의 통신 또는 방송 안테나로 사용될 수 있다.

Abstract

A novel single feed wide band CP stacked microstrip antenna using crossed slots has been designed, fabricated and measured. For the single radiating element the designed 10dB return loss bandwidth is 34.5 % (9.45~13.54 GHz), 3 dB axial ratio bandwidth is 18.7 % (11.17~13.39 GHz), and 6 dB gain bandwidth is 29 % (10.21~13.64 GHz). For the 2 × 2array designed using a sequential rotation method, the 10 dB return loss bandwidth is 35.9 % (9.69~13.94 GHz), 3 dB axial ratio bandwidth is 34.6 GHz (9.93~14.03 GHz), and 6dB gain bandwidth is 27.4 % (10.35~13.6 GHz). For the fabricated 8 × 8array antenna, the 10 dB return loss bandwidth is 27.3 % (10.17~13.41 GHz), 3 dB axial ratio bandwidth is 27.9 GHz (10.1~13.4 GHz), and the radiation pattern is good agreement with theory. This antenna can be used for broadband applications for communications or broadcasting in Ku band.

I. 서 론

원형 편파 마이크로 스트립 안테나의 최대 단점은 반사손실 뿐 아니라 축비의 협대역 특성이다. 이러한 축비 대역폭을 개선시키는 방법으로, 마이크로 스트립 급전 원형편파 개구 안테나의 경우 10 dB 반

사손실 대역폭과 3 dB 축비 대역폭이 각각 20 %와 5 %이고^[1], 단일 급전 근접결합 원형편파 나선형 배열 안테나의 경우 10 dB 반사손실 대역폭과 3 dB 축비 대역폭이 각각 9 %와 9.8 %이며^[2], 3-layer polarizer와 bow-tie 배열안테나를 이용하는 방법의 경우 10 dB 반사손실 대역폭과 4 dB 축비 대역폭이 각각 30 %와

경희대학교 전파공학과(Department of Radio Engineering, Kyunghee University)

· 논문 번호 : 20000225-021

· 수정완료일자 : 2000년 3월 31일

21%이며^[3], 적층 방식을 이용하는 방법은 14 dB 반사손실 대역폭과 3 dB 축비 대역폭이 각각 30%와 13%이다^[4]. 하지만 이러한 방법들은 거의 임피던스 대역폭에 비해서 축비 대역폭이 좁은 단점이 있는데, 이러한 단점을 개선하고 좀더 넓은 축비 대역폭을 갖는 안테나를 설계하기 위해서 적층 방식에서 기본 패치에 십자슬롯을 삽입한 형태의 광대역 단일 원형편파 안테나를 설계하였는데, 이 안테나는 문헌상에 나타난 어떤 것보다도 광대역 특성을 갖는다. 또한, 이 안테나를 이용해서 2×2배열 안테나를 순차적 회전 배열 방식을^{[5]-[8]} 이용해서 설계하고 이를 기본으로 8×8배열로 확장하여 임피던스 대역폭과 축비 대역폭이 동일한 범위에서 광대역 특성을 갖는 Ku밴드용 광대역 원형편파 안테나를 Ensemble 5.1을 이용하여 설계하였다.

II. 단일 방사 소자

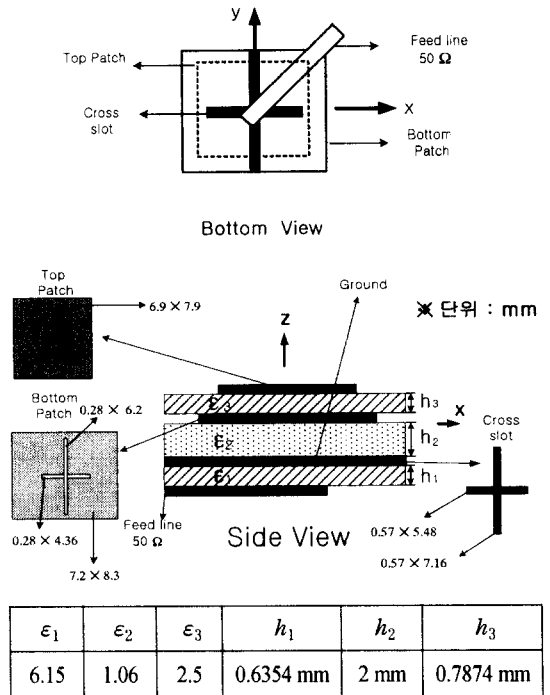
마이크로스트립안테나에서 원형편파를 발생시키는 구조는 여러 가지가 형태가 있지만 본 논문에서는 이중급전에 비해서 구조가 간단한 그림 1과 같은 단일급전 십자 슬롯 구조의 개구 결합 안테나를 새로이 제시한다.

하단 패치에 십자슬롯이 없는 구조는 문헌 [4]에서 발표된 바가 있지만 안테나구조에 대한 명시가 미흡하고 이득특성을 고려하지 않고 반사손실, 축비 특성의 시뮬레이션 결과만을 언급하였기 때문에 구체적인 특성을 파악하기 곤란하다. 본 논문에서는 하단 패치에 십자슬롯을 사용하였을 뿐 아니라, 이득을 포함하여 반사손실, 축비 및 방사패턴특성을 모두 포함하여 최적화하는 방향으로 안테나를 설계하였다.

그림 1의 구조는 설계된 단일 안테나의 모형으로, 접지면의 십자 슬롯에 급전라인을 45° 방향으로 급전하여 원형편파를 발생시킨다.

축비 특성을 개선시키기 위해서 적층 패치를 사용하고, 기본 패치에 접지면과 같은 형태의 십자 슬롯을 넣었다. 기본 패치의 십자 슬롯은 축비 특성을 개선시킬 뿐만 아니라 기본 패치의 크기를 줄이는 효과도 있다.

적층 패치를 사용하고 기본 패치에 십자 슬롯을

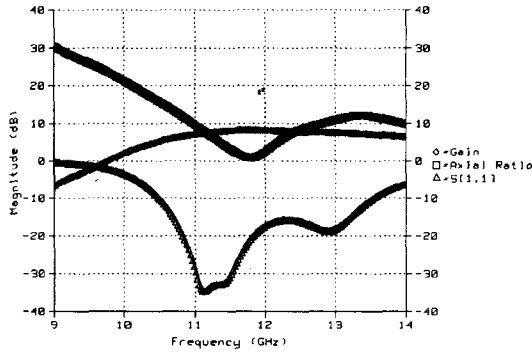


기판종류[ϵ_1 :RT/duroid6006, ϵ_2 :TLX-9-0310-CH/CH]
 그림 1. 하단 패치에 십자슬롯이 있는 적층 개구 결합 안테나 모형

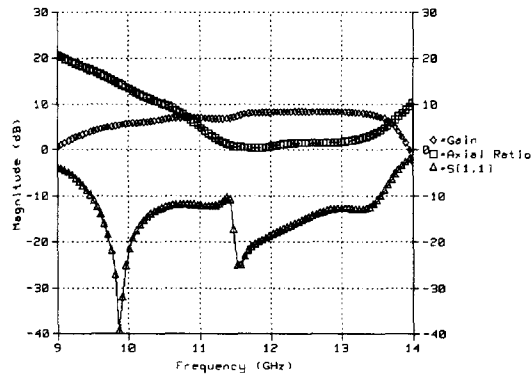
Fig. 1. Geometry of stacked microstrip antenna with a crossed slot on the bottom patch.

넣었을 경우의 특성 개선 정도를 알아보기 위해서 적층 패치를 사용하지 않고 기본 패치에 십자 슬롯을 넣지 않은 구조와 시뮬레이션 특성을 비교 분석하였다.

그림 2-(a)는 그림 1의 구조에서 적층 패치를 사용하지 않고 기본 패치에 십자 슬롯을 넣지 않았을 경우의 구조 (Case 1)를 시뮬레이션 한 결과이고, 그림 2-(b)는 적층 패치를 사용하고 기본 패치에 십자 슬롯을 넣은 경우의 구조 (Case 2)를 시뮬레이션 한 결과이다. Case 1의 구조를 시뮬레이션 한 결과는 10 dB 반사손실대역폭은 10.48~13.54 GHz (약 25.8%), 3 dB 축비 대역폭은 11.53~12.04 GHz (약 4.3%), 이득이 6 dB 이상 되는 주파수 범위는 10.68~14.36 GHz (약 31.1%)이고, Case 2 구조의 경우에는 10 dB 반사손실대역폭은 9.45~13.54 GHz (약 34.5%), 3 dB 축비 대역폭은 11.17~13.39 GHz (약 18.7%), 이득이 6 dB 이상 되는 주파수 범위는 10.21~13.64 GHz (약 29%)



(a)



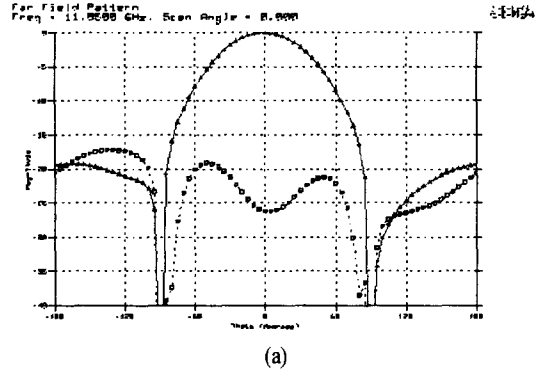
(b)

구분	상단 패치 사용 유무	하단 패치에 십자슬롯 사용 유무
Case 1	사용하지 않음	사용하지 않음
Case 2	사용	사용

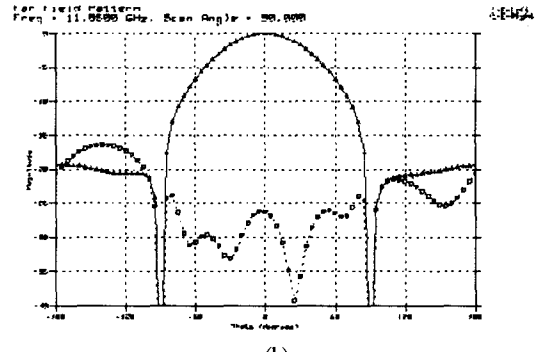
그림 2. 단일방사소자의 이득, 축비, 반사손실 시뮬레이션 결과(◇: 이득, □: Axial Ratio, △: S₁₁)
 (a) 상단 패치를 사용하지 않고 하단 패치에 십자 슬롯을 넣지 않은 경우(case 1)
 (b) 상단 패치를 사용하고 하단 패치에 십자 슬롯을 넣은 경우(case 2)

Fig. 2. Gain, axial ratio and return loss simulation result of a single radiating element(◇: Gain, □: Axial Ratio, △: S₁₁).

이다. case 1의 경우와 비교해서 Case 2의 경우가 반사손실 대역폭이 1.34배, 축비 대역폭이 4.65배 증가하였고, 이득대역폭은 0.93배로 감소한 특성을 보였다.



(a)



(b)

그림 3. 중심주파수(11.85 GHz)에서의 단일 패치 방사 패턴(LHCP: 실선<▲>, RHCP: 점선<□>)
 (a) y=0인 평면에서의 co-pol과 cross-pol
 (b) x=0인 평면에서의 co-pol과 cross-pol

Fig. 3. Antenna pattern of a single radiating element at center frequency 11.85 GHz(LHCP: solid line with ▲, RHCP: dotted line with □)
 (a) Co-Pol(LHCP) and Cross-Pol(RHCP) in y=0 plane
 (b) Co-Pol(LHCP) and Cross-Pol(RHCP) in x=0 plane

그림 3(a), (b)는 각각 중심주파수(11.85 GHz)에서 그림 1의 y=0인 평면과 x=0인 평면의 좌원형편파와 우원형편파 크기를 나타낸 것이다. 본 논문에서 설계한 안테나가 좌원형편파용 안테나이므로 우원형편파가 cross-pol이 되며, Co-pol과의 차이가 0°에서 약 20 dB 이상 나고, 후방방사는 약 15 dB 이하이다.

III. 2×2 배열안테나

그림 1의 기본소자를 배열화 할 경우 순차적 회전

배열방법을 이용하면 개선된 축비 특성과 반사손실 특성을 얻을 수 있다.

그림 4는 단축된 위상지연(0° , 45° , 90° , 135°)을 사용한 2×2 순차적 회전 배열안테나의 모형이다.

그림 5는 그림 4의 2×2 배열안테나의 시뮬레이션 결과이다. 10 dB 반사손실대역폭은 약 9.69~13.94 GHz(약 35.9%)이고, 3 dB 축비 대역폭은 9.93~14.03 GHz(약 34.6%)이며, 이득이 12 dB 이상 되는 주파수 범위는 10.35~13.6 GHz(약 27.4%)이다.

그림 6-(a), (b)는 각각 중심주파수(11.85 GHz)에서 그림 4의 $y=0$ 인 평면과 $x=0$ 인 평면의 좌원형편파와 우원형편파의 크기를 나타낸 것이다. Co-pol과 cross-pol과의 차이가 0° 에서 약 35 dB 이상 차이 나고, 후

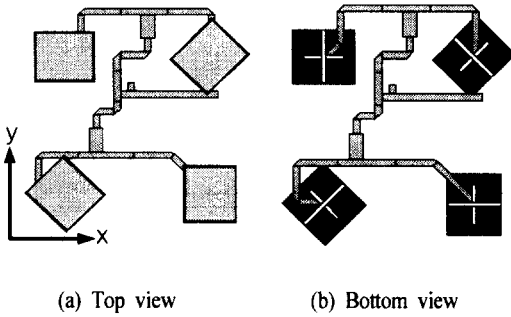


그림 4. 단축된 위상지연을 사용한 2×2 순차적 회전 배열 설계모형

Fig. 4. Geometry of 2×2 array using sequential rotation method.

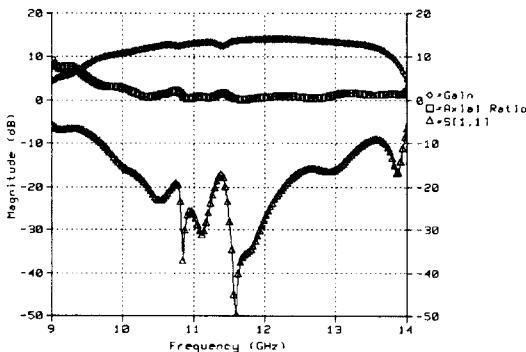
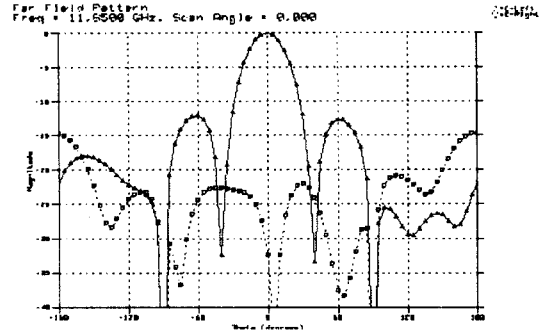
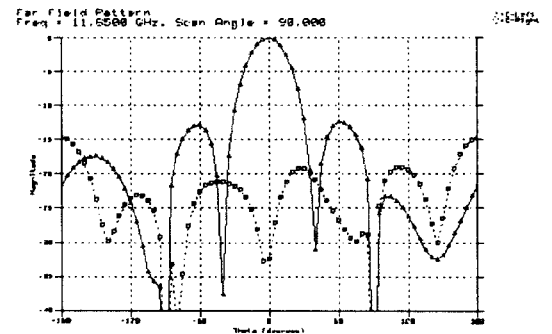


그림 5. 2×2 배열안테나의 이득, 축비, 반사손실 시뮬레이션 결과(\circ :이득, \square :축비, \triangle : S_{11})

Fig. 5. Gain, axial ratio and return loss simulation result of 2×2 array(\circ :Gain, \square :Axial Ratio, \triangle : S_{11}).



(a)



(b)

그림 6. 중심주파수(11.85 GHz)에서 2×2 배열안테나 방사패턴(LHCP: 실선 \blacktriangle , RHCP: 점선 \blacklozenge)

(a) $y=0$ 인 평면에서의 co-pol과 cross-pol

(b) $x=0$ 인 평면에서의 co-pol과 cross-pol

Fig. 6. Antenna pattern of 2×2 array antenna at center frequency 11.85 GHz(LHCP: solid line with \blacktriangle , RHCP: dotted line with \blacklozenge).

(a) Co-Pol(LHCP) and Cross-Pol(RHCP) in $y=0$ plane

(b) Co-Pol(LHCP) and Cross-Pol(RHCP) in $x=0$ plane

방방사는 15 dB 이하이다.

IV. 8×8 배열안테나

그림 7은 단축된 위상지연을 사용한 2×2 순차적 회전 배열안테나를 기본으로 한 8×8 배열안테나의 설계 모형이다.

그림 8은 8×8 배열안테나의 임피던스대역폭의 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교한 그래프이다.

시뮬레이션 결과 10 dB 반사손실대역폭이 9.99~13.24 GHz(약 27.4%)이고, 측정 결과는 약 10.17~13.41 GHz(약 27.34%)로 약 0.06% 감소한 특성을 보임을 알 수 있다. 측정결과가 시뮬레이션 결과보다 고주파 쪽으로 약간 편이된 특성을 보이지만 거의 비슷한 특성을 보임을 알 수 있다.

그림 9는 실제 제작된 8×8배열안테나의 축비 특성을 측정한 결과이며 비교차원에서 2×2배열안테나의 축비 특성 시뮬레이션 결과를 같이 나타내었다. 8×8배열안테나의 축비 특성은 10.1~13.4 GHz(약 27.85%)로 2×2 배열안테나의 시뮬레이션 결과

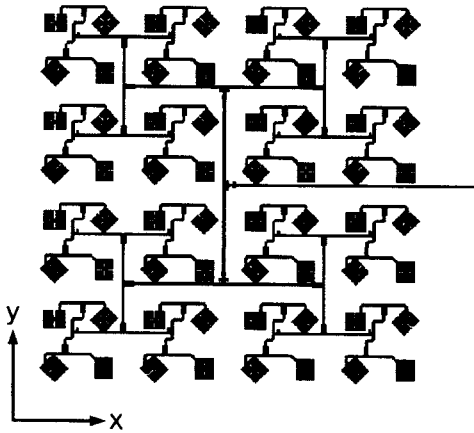


그림 7. 8×8 배열 안테나 모형
Fig. 7. Geometry of 8×8 array antenna.

인 34.6%보다는 약간 줄어들었지만 거의 유사한 특성을 보임을 알 수 있다.

그림 10은 제작된 8×8배열안테나의 중심주파수(11.85 GHz)에서 그림 7의 x=0인 평면과 y=0인 평면의 LHCP의 방사패턴을 측정한 결과이다. SLL은 거의 13 dB 이하이고, 설계된 안테나가 LHCP 발생용 안테나이므로 x=0인 평면과 y=0인 평면에서 측정된 방사패턴이 주빔에서 거의 일치함을 알 수 있으며, FNBW도 약 20°로 이론과 잘 일치함을 알 수 있다.

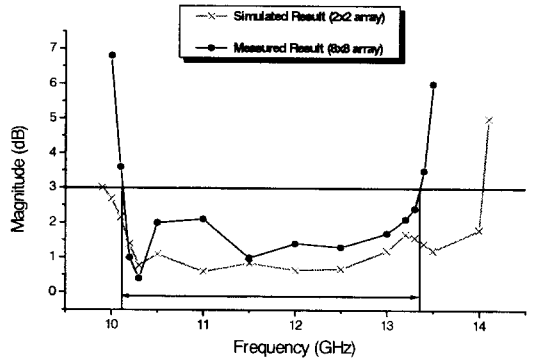


그림 9. 8×8 배열안테나의 축비 측정 결과와 2×2배열 안테나의 축비 시뮬레이션 결과
Fig. 9. Measured Axial ratio of 8×8 array antenna and simulated Axial ratio of 2×2 array antenna.

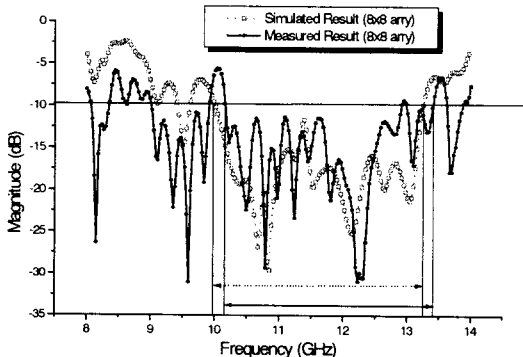


그림 8. 8×8 배열안테나의 반사손실 시뮬레이션 결과와 측정결과
Fig. 8. Simulated and measured return loss of 8×8 array antenna.

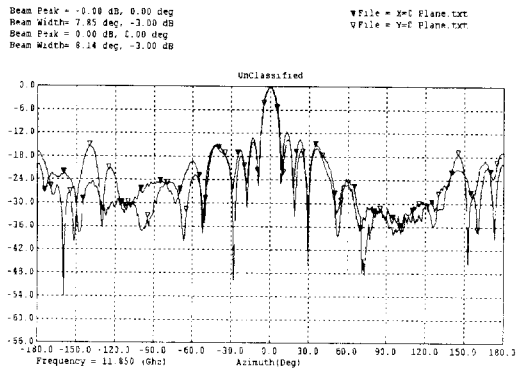


그림 10. 중심주파수(11.85 GHz)에서 8×8 배열안테나의 방사패턴 측정결과
Fig. 10. Measured radiation pattern of 8×8 array antenna(At center frequency 11.85 GHz).

V. 결 론

원형편파를 발생시키기 위해서 이중급전방식에 비해 구조가 간단해 불요방사를 줄일 수 있는 십자 슬롯을 이용한 단일급전 개구 결합 마이크로스트립 안테나에, 축비 대역폭과 임피던스대역폭을 광대역화하기 위해 적층 패치를 사용하였고, 기본 패치에 십자 슬롯을 넣어서 패치 크기를 줄이고 축비 특성도 개선시킨 결과, 10 dB 반사손실대역폭은 9.45~13.54 GHz (약 34.5%), 3 dB 축비 대역폭은 11.17~13.39 GHz (약 18.7%), 이득이 6 dB 이상 되는 주파수 범위는 10.21~13.64 GHz (약 29%)인 결과를 얻었다. 이러한 결과는 적층 패치를 사용하지 않고, 기본 패치에 십자 슬롯을 넣지 않은 경우(Case 1)에 비해서 반사손실대역폭과 축비 대역폭이 각각 1.34배, 4.65배 증가하였으며 이득대역폭은 0.93배 감소하였다.

이 방사소자를 이용해서 단축된 위상지연을 사용하는 순차적 회전 배열방법으로 2×2배열 안테나를 설계해서 시뮬레이션한 결과 10 dB 반사손실대역폭은 약 9.69~13.94 GHz (약 35.9%)이고, 3 dB 축비 대역폭은 9.93~14.03 GHz (약 34.6%)이며, 이득이 12 dB 이상 되는 주파수 범위는 10.35~13.6 GHz (약 27.4%)인 결과를 얻었다. 그리고 단축된 위상지연을 사용하는 순차적 회전 2×2배열 안테나를 기본으로 8×8 배열 안테나를 제작하여 측정된 결과, 반사손실 대역폭과 축비 대역폭이 약간 감소하는 결과를 보여 10 dB 반사손실 대역폭은 10.17~13.41 GHz (약 27.34%), 3 dB 축비 대역폭은 10.1~13.4 GHz (about 27.85%)로 나타났다. 이 안테나는 Ku대역에서 광대역 응용이 필요한 분야의 통신 또는 방송 안테나로 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] The Nan Chang and CHung-Pei Wu, "Microstripline-fed Circularly-polarized Aperture Antenna", *proceedings of IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 1998*-vol. 3, pp. 1372-1375, 1998-06- 12.
- [2] Raul R. Ramirez and Nicolaos G. Alexopoulos, "Single Feed Proximity Coupled Circularly Polarized Microstrip Monofilar Archimedean Spiral Antenna array", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 47, no. 2, pp. 406-407, February, 1999.
- [3] Daniel F. Filipovic, "A Planar Wideband Circularly Polarized Antennas for Satellite Communications", *Proceedings of the 1999 IEEE MTT-S Symposium on Technologies for Wireless Applications Digest*, 213-216, 1999-02-21.
- [4] C. B. Ravipati and L. Shafai, "A wide bandwidth circularly polarized microstrip antenna using a single feed", *IEEE AP symposium*, vol. 1, pp. 244-247, Orland, Florida July, 1999.
- [5] Hai Fong Lee and Wei Chen, "Advances in Microstrip and Printed Antennas"
- [6] 양태식, 이범선, "Ku 밴드 8×8 원형편파 마이크로스트립 배열 안테나 설계 및 제작", 1998년도 한국전자과학회 종합학술발표회 논문집, vol. 8, no 1, pp. 385-389, 98. 11. 28.
- [7] 양태식, 이범선, "단축된 위상지연을 사용하는 시퀀셜로테이션 광대역 원형편파 마이크로스트립 배열 안테나" 한국전자과학회지, vol. 10, no. 4 pp. 628-635, 1999. 11.
- [8] 양태식, 이범선, "단축된 위상지연을 사용하는 2×2 시퀀셜로테이션 배열의 특성 분석", 1999년도 통신학회 하계종합학술발표회 논문집 (하), vol. 19, no 2 pp. 1219-1222, 99. 7. 10.

양 태 식



1999년 2월: 경희대학교 전파공학과 (공학사)
1999년 3월~현재: 경희대학교 전파공학과 대학원 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계 및 RF 회로

이 범 선



1982년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1991년 8월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학과 (공학석사)
1995년 5월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학과 (공학박사)
1995년 5월~1995년 8월: 미국 네브래스카 주립대 포닥 (Post Doctor)
1995년 9월~현재: 경희대학교 전자정보학부 조교수
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 위성전파 감시, 전자파 산란