

마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나 설계

Design of a L-Type Aperture Coupled Circular Polarization Patch Antenna Using Microstrip Feeding

이종환 · 우종명

Jong-Hwan Lee · Jong-Myung Woo

요 약

본 논문에서는 이동체에 탑재시킬 수 있는 이동통신용(IMT-2000, 1.9375 GHz) L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나를 설계·제작하였다. 또한 이 안테나를 이용하여 L-band 주파수대 위성이동통신용 2×2 배열 원편파 안테나로 확장시켰다. 그 결과, 단일소자의 경우 반사손실 18.56 dB, 빔폭 60°, 이득 7 dBd, 축비 0.9 dB이고 2×2 배열 안테나의 경우 반사손실 28.43 dB, 빔폭 38°, 이득 9.8 dBd, 축비 1.5 dB로 각각 양호한 원편파 출력 특성이 얻어졌다.

Abstract

In this paper, L-Type aperture coupled circular polarization patch antenna for mobile communication(IMT-2000, 1.9375 GHz), which is capable of being mounted in mobile unit, was designed and fabricated. This antenna is expanded to the 2×2 circular polarization array antenna for satellite mobile communications which are using the L-band frequency. The results are as followings : Returnloss 18.56 dB, beamwidth 60°, gain 7dBd, axial ratio 0.9 dB in the case of single element and returnloss 28.43 dB, beamwidth 38°, gain 9.8dBd, axial ratio 1.5 dB in the case of 2×2 array, respectively.

I. 서 론

최근 이동통신의 발전속도는 아주 빠르게 진행되고 있으며, 특히 위성을 이용한 이동 통신은 차세대 이동통신 기술로 발전 가능성이 매우 커지고 있다. 현재 새로운 이동 통신의 한 형태로 자리잡을 IMT-2000에 대한 관심이 높아져 가고 있으며 이러한 이

동통신에 사용될 안테나의 발전 또한 필요 불가결한 상태이다. 이동통신의 특성상 위성을 사용할 경우, 원편파 사용은 직선편파 사용에 비해 위성과 단말기간의 aligning이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 차량내에서 위성과의 aligning을 위해서는 차량 천정의 영향을 받지 않도록 차량탑재 중계기가 필요하며 이러한 중계기의 안테나는 차량의 이동성을 고려한 위성 빔추적 원편파 안테나가 요구된

충남대학교 전파공학과(Dept. of Radio Science and Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 990826-13S

· 수정완료일자 : 1999년 9월 13일

다^{[1]-[4]}.

따라서 본 논문에서는 IMT-2000의 사용 주파수 1.9375 GHz(파장: 154.8 mm)대에서 새로운 결합 형태로 원편파 출력을 얻을 수 있는 차량탑재용 마이크로 스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나를 고안, 설계·제작하였으며 각 설계 변수별로 그 특성을 측정, 평가 기술하였다.

또한 본 안테나는 차량탑재용으로 전자적 빔조향에 의한 위상추적이 요구되므로 전자적 이상기의 내장 이전에 전자적 이상기의 내장 공간확보를 위하여 간결한 단일 급전 결합 구조의 원편파 배열 안테나 구성이 필요하다. 먼저 동일위상 급전으로 2×2 배열 안테나를 구성하여 원편파 제특성을 측정, 평가하였으며 다음은 개별소자에 의한 원편파 출력 유지뿐만 아니라 2개의 소자를 한쌍으로 좌우 각 쌍간에 전기적 위상차 90°를 형성시키고 상호쌍을 직각구조로 배열시킨 2×2 배열로 확장하였다. 이 결과들에 대해 기술하고자 한다.

II. 본 론

2-1 마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나

2-1-1 안테나의 구조 및 원리

새롭게 고안, 설계된 마이크로스트립 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나의 구조를 그림 1에 나타냈다^[5]. 그림에서 보는 바와 같이 50 Ω의 마이크로 스트립 급전선로(비유전율 ϵ_r : 2.5, 두께: 0.8 mm)위의 접지판상에 5 mm 폭의 L자형 개구면을 형성시켰고 그 위에 공기층을 삽입하여 직사각형의 방사소자를 위치시켰다.

이와 같은 구조로부터 원편파가 발생하는 원리를 그림 2에 나타냈다. 그림 2(a)에서 보는 바와 같이 L자형 개구면 위의 방사소자가 직사각형을 이루고 있으므로 이에 따라 직사각형의 각변에 수직을 이룬 각각의 개구면과 직사각형패치부터 직사각형의 장

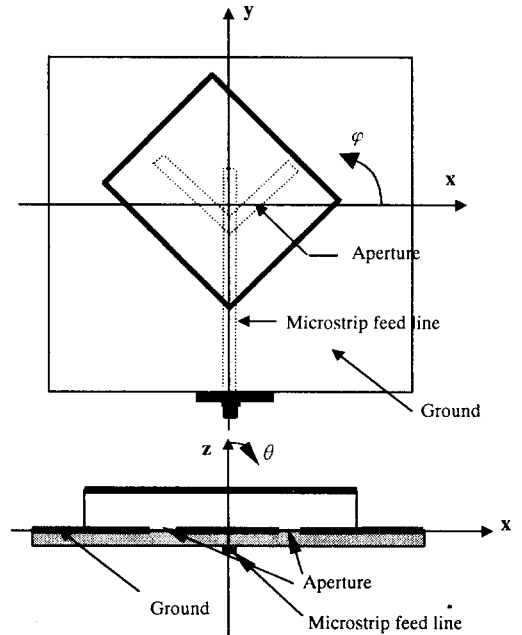
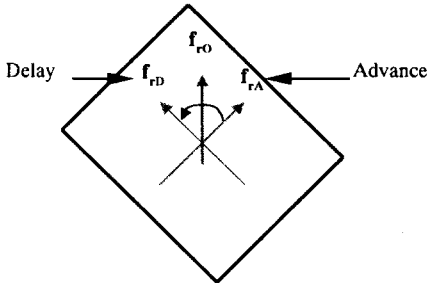


그림 1. 마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나 구조

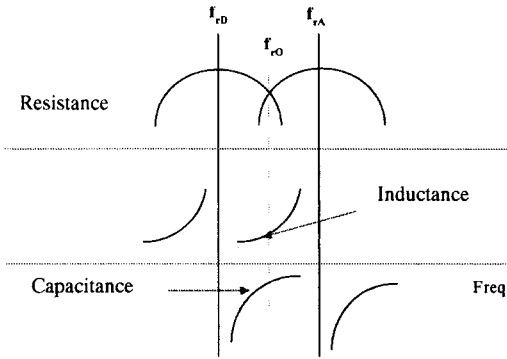
Fig. 1. The structure of a L-type aperture coupled circular polarization patch antenna using microstrip feeding.

변 길이방향으로 f_{rD} , 단변길이 방향으로 f_{rA} 의 결합 공진 주파수가 나타나게 된다. 그러나 개구면의 크기를 같게 하면 결합 계수는 같게 되며 두 공진주파수에 해당되는 전류벡터는 크기가 같고 상호 직각을 이루게 된다. 또한 전류벡터 상호간에 상대적 위상차가 90도 되도록 방사 소자의 길이 조절에 의해 위상차를 조정할 수 있다. 따라서 개구면의 크기와 방사소자의 길이를 적절히 조정함으로써 원편파 발생 조건을 만족시킬 수 있다.

방사소자 길이 변화에 따른 임피던스 특성을 그림 2(b)에 자세히 나타냈다. 방사소자 장변에 의한 하위 공진주파수 f_{rD} 와 단변에 의한 상위 공진주파수 f_{rA} 를 중심으로 각각 최대방사(최대방사저항)가 나타나며 이 때 공진 주파수에서는 각각 리액턴스 성분은 0이 된다. 그러나 개방단 전송선 모델에 의해



(a) 패치 장단변에 의한 공진주파수



(b) 패치 길이에 따른 임피던스 특성

그림 2. 제작한 안테나의 원편파 발생의 원리. (a) 패치 장단변에 의한 공진주파수, (b) 패치 길이에 따른 임피던스 특성

Fig. 2. The principle of generation of circular polarization in the fabricated antenna. (a) Resonance frequency due to long and short side of a patch, (b) Impedance characteristic according to the length of a patch.

패치길이가 반파장 공진길이보다 짧을 경우 인덕턴스 성분이 길 경우 캐패시턴스 성분이 나타난다. f_{rA} 와 f_{rD} 에 의한 방사가 같은 지점 f_{ro} (설계주파수)에서는 캐패시턴스 성분과 인덕턴스 성분이 동시에 존재하는데 이 때 임피던스 차에 의한 상대적 위상차가 90도 되도록 방사소자 장단변의 길이, 즉 f_{rA} 와 f_{rD} 의 간격을 조정하면 된다. 여기서 f_{ro} 는 f_{rA} 와 f_{rD} 의 각각 최대 방사로부터 -3 dB 되는 주파수가 목적하는 설계 주파수가 된다.

2-1-2 반사손실 및 임피던스 특성

설계·제작된 안테나의 반사손실 및 각 변수들에 따른 임피던스 특성을 측정하였다.

먼저 반사손실 측정 결과를 그림 3에 나타냈다. 설 계주파수에서 반사 손실 18.56 dB를 나타내고 있으며 이때 임피던스는 $48.54-j11.92 \Omega$ 이고 -10 dB 대역폭은 285 MHz(14.7%)를 나타내고 있다. 이때 뒤에서 언급 될 원편파 축비 2dB 이하대의 대역폭은 이보다 줄어 든 45 MHz(2.32%)가 되었다. 따라서 그림 3의 결과로 목적하는 안테나의 반사 손실을 충분히 만족하고 있음을 알 수 있다.

그림 4는 실제 제작시 참고될 수 있는 안테나 구성 변수들에 대한 임피던스 특성들을 나타낸 것이다. 그림 4(a)에서는 설계한 방사소자의 장변(61 mm)을 기준으로 방사소자 길이가 늘어날수록 저항은 커지나 리액턴스는 캐패시턴스 성분이 강하며 길이 변화에 따라 다소 증감한다. 그림 4(b)는 설계한 개구면의 길이를 기준으로 개구면의 길이를 2 mm 씩 감소시켰을 때의 임피던스 특성이다. 이때 저항은 개구면 길이가 짧아짐에 따라 증가하고 리액턴스는 감소한다. 즉 캐패시턴스 성분이 증가하고 있다.

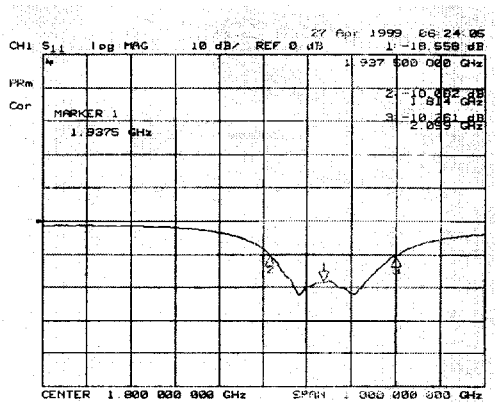
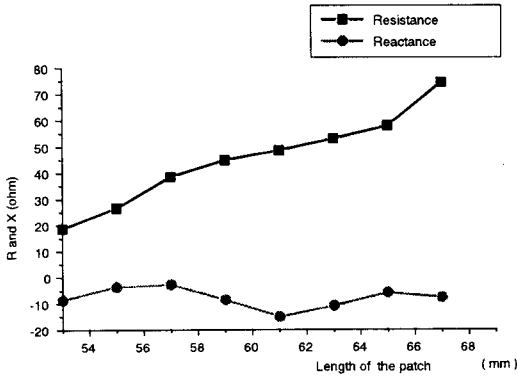


그림 3. 반사손실

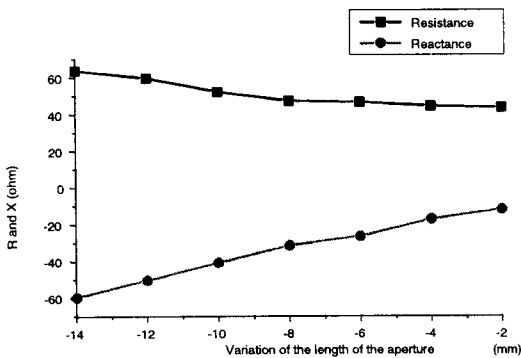
Fig. 3. Returnloss.

위 결과로 안테나 설계시 임피던스가 50 Ω이 되도록 하기 위해 각 변수에 따른 임피던스 특성 변화를 고려하면 보다 쉽게 정합을 이룰 수 있다.

이와 같은 특성을 고려하여 설계된 안테나의 방사 소자 장단변의 길이는 각각 61 mm, 53 mm이고 개구면의 폭은 5 mm이다. 또한 급전선의 개구면 중



(a) 방사소자 크기 변화에 따른 임피던스 특성



(b) 개구면 길이 변화에 따른 임피던스 특성

그림 4. 안테나 구성 요소들의 변화에 따른 임피던스 특성

Fig. 4. Impedance characteristics due to variation of the length of the antenna elements. (a) Impedance characteristic due to variation of the length of the patch, (b) Impedance characteristic due to variation of the length of the aperture.

심으로부터 개방 단자까지의 길이는 17 mm이다.

2-1-3 방사패턴 및 축비

방사패턴 및 축비 측정결과를 그림 5와 그림 6에 나타냈다. 패턴 측정시 송신 안테나는 혼안테나를 채용했으며 송신안테나를 고정하고 수신측 안테나를 θ 방향으로 2도씩 360도 회전시키면서 레벨을 측정 하였다. 여기서 기준 안테나는 다이폴 안테나이다. 그림 5에서 나타나듯이 측정결과 일반 패치안테나와 같이 -3 dB 빔폭은 60도로 브로드하며 후엽 패턴은 안테나의 azimuth 회전 각도인 ϕ 방향에 따라 다소 차이가 있으나 180도 부근에서 최대 -12 dB까지 나타났다. 또한 θ 가 0도 부근에서의 레벨 변화가 거의 없이 축비가 양호하게 나타났으며 그림 6(a)에 나타나듯이 같은 조건하에 $\theta = 0^\circ$ 에서 ϕ 를 360도 회전시키면서 축비를 측정 한 결과 0.9 dB 이하로 제작된 안테나가 양호한 원편파 특성을 나타내었다. 그림 6(b)에서는 원편파 주파수 대역폭을 구하기 위해 주파수를 설계주파수를 기준으로 ± 5 MHz 씩 변화시키면서 축비를 측정 한 결과이다. 측정 결과 축비 2 dB 이내를 유지하는 주파수 대역폭은 45 MHz(2.32%)를 확보하고 있다.

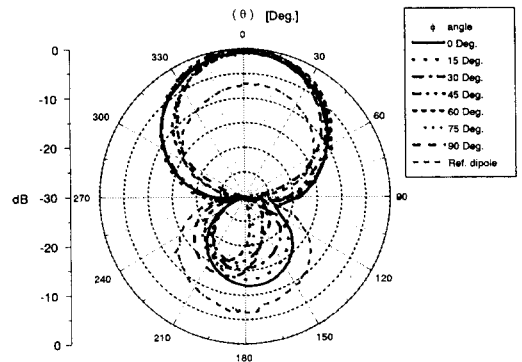


그림 5. 방사패턴

Fig. 5. Radiation pattern.

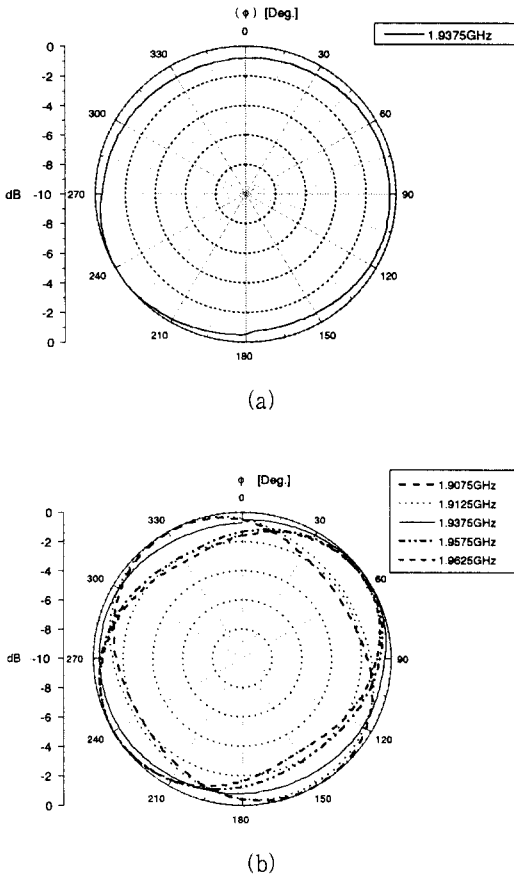


그림 6. 축비. (a) 1.9375 GHz에서의 축비, (b) 축비
 Fig. 6. Axial ratio. (a) Axial ratio at 1.9375GHz, (b) Axial ratio.

2-2 마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 2x2 배열 안테나

서론에서 언급했듯이 본 논문에서 제안한 안테나는 차량탐재안테나로서 위성으로부터의 원편파 수신을 목적으로 하고 있다. 차량탐재 위성수신 안테나는 박형, 고이득 및 이동체 이동에 따른 원편파 특성 유지뿐 아니라 주빔의 위성 지향을 위한 전자 빔 스캐닝에 적합한 구조가 요구된다. 이러한 요구에 적합한 배열 구조의 하나로 평면 배열 구조를 선택하였으며 배열에 의한 원편파 특성 유지 및 능동소자 회로 부착을 위한 가장 간단한 배열 안테나로서

앞에서 설명한 단일소자 원편파 안테나를 기본으로 한 2x2 배열 안테나를 제작하였다.

본 논문에서는 이 2x2 배열 안테나를 두 가지의 경우로 설계 제작하였다. 하나는 안테나소자에 동일 위상으로 급전을 하고 간격을 반파장으로 배치한 동 위상 급전 2x2 배열 안테나이고 다른 하나는 개별 소자 2개를 한쌍으로 좌우 한쌍씩 나누어 배열하고 한 쌍이 다른 한쌍에 대해 90도의 상대적 위상차 및 90도의 구조적 배열 위치 회전에 의한 원편파의 조건을 다시 한번 만족시키도록 한 이중 원편파 출력 2x2 배열 안테나이다.

2-2-1 동위상 급전 2x2 배열 안테나

1) 구조

그림 7은 동위상 급전 2x2 배열 급전 구조 및 patch의 위치를 나타낸 것이다. 각 소자의 개구 결합 중심점 이전의 급전점상에 전자적 이상기를 부착하기 위해 1/4씩 전력 분배되는 간결한 구조로 설계되었다.

2) 특성 측정 결과

그림 8에 반사손실 측정 결과를 나타내었다. 설계

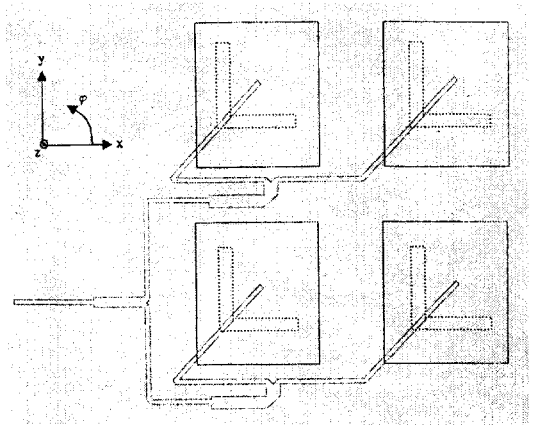


그림 7. 동위상 급전 2x2 배열 안테나의 구조
 Fig. 7. The structure of 2x2 array antenna with in-phase feeding.

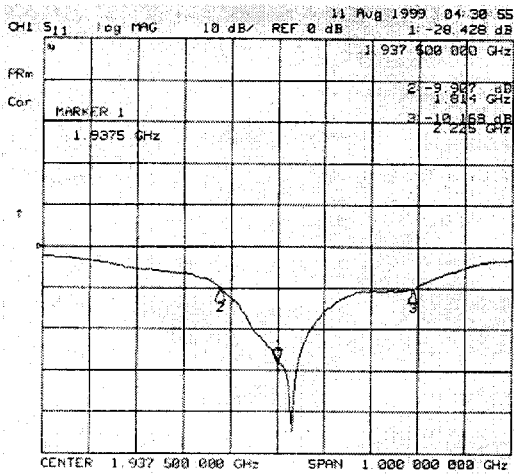
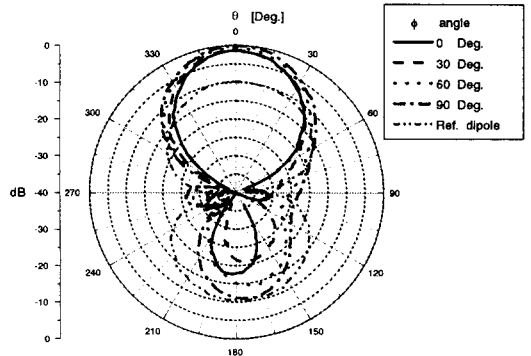


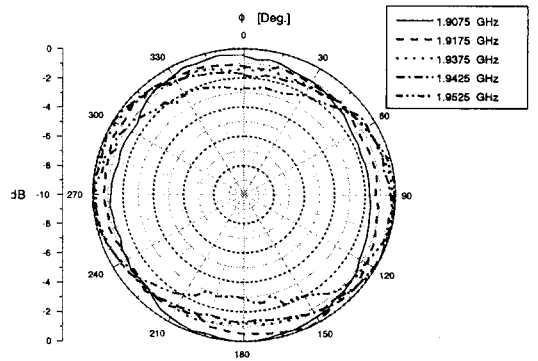
그림 8. 반사손실
Fig. 8. Returnloss.

주파수 1.9375 GHz에서 반사손실 28.43 dB를 나타내고 있으며 이때의 임피던스는 $48.7-j3.8 \Omega$ 이고 -10 dB 대역폭은 411 MHz(21.2%)를 나타내고 있다.

동위상 급전 2x2 배열 안테나의 방사패턴 및 축비 측정결과를 그림 9에 나타내었다. 패턴 측정시 송신안테나는 다이폴 안테나를 채용하였으며 송신 안테나를 고정하고 수신측 안테나를 θ 방향(z축으로 부터 x-y면으로, $\phi = 0, 30, 60, 90$ 도)으로 2도씩 360도 회전시키면서 레벨을 측정하였다. 이 때 기준 안테나는 다이폴 안테나이다. 그림 9(a)에 나타낸 바와 같이 단일소자 안테나와는 달리 -3 dB 빔폭은 38도로 좁고 이득은 9.8 dB로 높게 나타나고 있으며 후엽 패턴은 azimuth 회전 각도인 ϕ 에 따라 다소 차이가 있다. 이것은 각각 개별 소자 안테나에서 후엽 방향으로 일정한 방향의 편파가 다소 출력되며 배열에 의해 다소 증가된 레벨을 나타내고 있다. 예를 들어 ϕ 가 0도일 때는 후엽레벨이 약 -22 dB정도이나 후엽 최대 레벨은 ϕ 가 0도일 때 약 -11 dB로 증가되었다. 그림 5에 나타내었듯이 후엽 최대 방사레벨은 단일소자 때와 마찬가지로 동일 레벨의 후엽패턴을 나타내고 있다. 그림 9(b)는 설계 주파수 1.9375 GHz에서 θ 를 0도로 고정시키고 ϕ 를



(a)



(b)

그림 9. 방사패턴 및 축비. (a) 방사패턴, (b) 축비
Fig. 9. Radiation pattern and axial ratio. (a) Radiation pattern, (b) Axial ratio.

360도 회전시키면서 축비를 측정한 결과로 1.5 dB의 양호한 원편파 특성을 나타내었다. 또한 그림 9(b)는 축비 2 dB 이내의 원편파 주파수 대역폭을 구하기 위해서 주파수를 변화시키면서 축비를 측정한 결과, 축비 2 dB이내를 유지하는 주파수 대역폭은 35 MHz(1.81%)를 확보하고 있다.

2-2-2 이중 원편파 출력 2x2 배열 안테나

1) 구조

그림 10은 구조적, 전기적 원편파 출력 조건을 다시 한번 더 만족시키도록 설계한 이중 원편파 출력

을 나타내고 있다.

그림 12(a)에서 방사패턴은 0도 부근에서 azimuth 회전 각도에 따라 약간 우측으로 기울어져 있다. 이것은 방사 소자간 위치에 대한 비대칭적인 차에 기인한 것으로 생각된다. 그러나 이중 원편파 출력 2x2 배열 안테나가 동위상 급전 2x2 배열 안테나보다 후엽 패턴에 있어서 최대 후엽 패턴 레벨이 2 dB 낮으며 레벨 편차도 작다. 동일 급전 2x2 배열 안테나나 이중 원편파 출력 2x2 배열 안테나는 배열 안테나 각 소자에 단일 급전선 결합 방식에 의해 간결히 급전되므로 양호한 원편파 특성을 유지하면서 급전선상에 이상기 부착 공간을 충분히 확보할 수 있음을 확인했다.

Ⅲ. 결 론

본 연구에서는 1.9375 GHz대의 위성 수신용 안테나로 새로운 개구 결합 형태인 마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나를 고안, 설계·제작을 하였으며 설계시 안테나 구성 변수에 따른 임피던스 특성 및 안테나 제특성을 측정하였다. 그 결과 설계주파수 1.9375 GHz에서 반사손실 18.56 dB, -3 dB빔폭 60°, 후엽 -12 dB, 이득 7 dBd, 축비 0.9 dB, 축비 2 dB이하 대역폭 45 MHz(2.32%)로 양호한 우선 원편파 특성을 얻었다. 또한 이 단일 원편파 안테나 소자로 구성된 2x2 배열 안테나를 제작 하여 제특성을 측정한 결과 반사손실 28.43 dB, -3 dB 빔폭 38°, 후엽최대레벨 -11 dB, 이득 9.8 dBd, 축비 1.5 dB, 축비 2 dB 이하 대역폭 35 MHz

(1.81 %)로 양호한 원편파 출력을 나타냈다. 한편 이중 원편파 2x2 배열 안테나의 경우 동위상 급전 2x2 배열 안테나보다 후엽레벨이 2 dB 적게 됨과 동시에 레벨 편차가 작아지는 효과가 얻어졌다.

따라서 본 논문에서 제시한 마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나가 단일 급전선 결합 방식에 의해 양호한 원편파 출력을 얻을 수 있음은 물론 배열시 각 소자마다 단일 급전선이 결합되므로 전자적 이상기를 부착할 수 있는 최대 공간을 확보할 수 있음이 확인되었다. 급후, 이상기 내장으로 빔조향을 할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] G. A. Deschamps, "Microstrip Microwave antenna", 3rd USAF Symp. On Antenna, 1953.
- [2] J. Q. Howell, "Microstrip antenna", *IEEE Trans.* vol. AP-23, pp. 90-93, Jan., 1975.
- [3] Makoto Matsunaga, "Microwave technologies in the Phased Array Antenna for Land Mobile Satellite Communication", '97 안테나 기술 워크샵, 1997.
- [4] 羽石操 外 2人, 小型·平面アンテナ, 日本電子情報通信學會, 1996.
- [5] 이종환, 우종명, 김병국, "마이크로스트립 급전 L자형 개구면 결합 원편파 패치 안테나 설계", 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, vol. 22, no. 1, pp. 205-208, May, 1999.

이 종 환



1999년 2월: 충남대학교 전파공학과
(공학사)
1999년 3월~현재: 충남대학교 대학
원 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나

우 종 명



1985년 2월: 건국대학교 전자공학과
(공학사)
1990년 2월: 건국대학교 대학원 전자
공학과(공학석사)
1993년 3월: 일본, 니혼대학 전자공
학과(공학석사)
1996년 3월: 일본, 니혼대학 전자공
학과(공학박사)
1996년 9월~현재: 충남대학교 전파공학과 조교수
[주 관심분야] 안테나