

소형화를 위한 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나

Radially Corrugated Circular Microstrip Patch Antenna for Miniaturization

이 성 민 · 김 종 래* · 우 종 명

Sung-Min Lee · Jong-Rae Kim* · Jong-Myung Woo

요 약

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 소형화를 위해 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나를 GPS 목적에 맞게 1.575 GHz를 중심으로 설계 · 제작하였다. 방사 주름 원형 패치 안테나는 평면형 패치를 3차원 방사 요철형 패치 구조로 제작함으로써, 패치 밑면에 흐르는 전류에 직각의 요철 경로를 갖게 하여 가시적인 공진 길이를 증가시켰으며, 그 결과 선형 편파인 경우 평면 원형 패치 안테나에 비하여 28 % 면적 단축율을 얻었으며, 원형 편파의 경우 27.7 % 면적 단축율을 나타내었다. 이때 이득 2.1 dBd, 축비 1.3 dB, 2 dB 축비 대역폭 15 MHz(0.9 %)를 나타내어 소형화된 GPS용 수신 안테나로써 적합한 특성을 나타내었다.

Abstract

In this paper, radially corrugated circular-type microstrip patch antenna was devised and manufactured for GPS (center frequency: 1.575 GHz). Radially corrugated circular-type microstrip patch antenna having radiational corrugation-patch contributed to add size reduction ratio by lowering the resonant frequency because the edge current also has the extended and perpendicular path. As a result, radially corrugated circular-type microstrip patch antenna has 28 % area reduction than planer circular-type patch antenna for linear polarization and 27.7 % area reduction than planer circular-type patch antenna for circular polarization. Radially corrugated circular-type microstrip patch antenna is suitable for miniaturized receive antenna for GPS which has the characteristic of gain 2.1 dBd, axial ratio 1.3 dB, 2 dB axial bandwidth 15 MHz(0.9 %).

Key words : Radially Corrugated, Circularly Corrugated, Miniaturization, Circular-Type Microstrip Patch Antenna

I. 서 론

최근 군사용에서 민간용으로도 사용이 확대되어 주목받는 GPS(f_c : 1.575 GHz)의 성장에 따른 많은 소형 단말기가 개발중이며, 이에 안테나의 소형화 또한 요구되고 있다. 특히, 안테나 크기가 파장에 비례적인 관계를 갖기 때문에 동일 주파수에서 안테나의 소형화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 널리 사용되고 있는 GPS용 수신안테나로서는 소형

화에 유리한 저자세, 작은 부피, 경량의 특성을 가지고 있는 마이크로스트립 패치 안테나가 일반적이다^[1]. 마이크로스트립 안테나의 패치 길이는 패치와 접지면사이의 유전체의 비유전율의 제곱근에 반비례하므로 고 비유전율에 의한 소형화가 일반적이나, 대역폭과 복사효율 등 안테나 특성의 저하를 가져온다. 따라서 본 논문에서는 유전체와는 별도로 마이크로스트립 패치 안테나의 소형화를 기대할 수 있는 한 방법으로 3차원 구조^{[2]-[6]}의 방법을 선택하였다.

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

*충남대학교 전자공학과(Dept. of Electronics, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20030604-082

· 수정완료일자 : 2003년 11월 29일

평면 구조의 원형 패치를 방사 방향으로 일정한 각도로 주름을 잡은 3차원 구조로 패치를 제작함으로써, 패치 밑면에 흐르는 전류 경로를 가시적으로 증가시키는 방법을 사용하였다. 먼저 선형편파에 대해 방사형 원형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계, 제작하여 여러 가지 특성을 알아보았으며, 나아가 현 GPS에 맞는 우선원형편파용으로 확대시켰으며, 이들 특성들에 대해 비교 기술하였다.

II. 본 론

본 논문에서 3 mm 높이의 foam ($\epsilon_r=1.06$)으로 제작된 평면 원형 마이크로스트립 안테나의 여러 가지 특성은 중심주파수 1.575 GHz에서 패치의 직경 99 mm, 반사손실 -34 dB, -10 dB 대역은 40 MHz(2.56%) 그리고 9.65 dBd의 이득 특성을 나타내었다. 이러한 특성들을 기준으로 본 논문에서 제안된 방사주름 원형 패치 안테나의 특성에 대해 기술하고자 한다.

그림 1(a)는 방사 주름 원형 패치 안테나의 구조로서, 패치의 중심부터 방사선 방향으로 교번적 배열된 양각부(높이 8 mm, 폭 10°)와 음각부(높이 3 mm, 폭 20°)의 패치구조를 가지고 있어 TM_{110} 모드에 있어서 패치 밑면을 따라 흐르는 가장자리의 전류까지 직각의 요철경로를 갖게 되며 더욱더 길어진 전류 경로에 의하여 동일 주파수에서 향상된 패치 직경 단축을 기대하였다. 제작된 결과 방사 주름 원형 패치 안테나는 설계 주파수 1.575 GHz를 중심으로 84 mm의 직경을 얻어 동일한 높이 8 mm의 평면 원형 패치 안테나의 직경 99 mm에 비해 15 mm 줄어든 28%의 향상된 면적 단축율을 얻었으며, 측정 반사손실 특성 (b)는 공진 주파수 1.575 GHz에서 반사손실 27.4 dB, -10 dB 대역폭 86.5 MHz(5.4%)의 특성이 얻어졌으며, 측정수치를 기준으로 시뮬레이션(*본 논문의 모든 시뮬레이션 결과는 Ansoft사의 HFSS 8.0을 사용하였음)을 통해 검증한 결과인 (c)도 다소 대역폭은 좁아졌으나 설계 주파수 근처에서 실측치와 거의 유사한 임피던스 매칭효과를 얻었다.

표 1은 본 논문에서 제안된 안테나의 단축율을 비교하기 위하여 기준 안테나들의 실측크기를 함께 나타내었다. 기준이 되는 평면 원형에 비하여 방사 주름형이 28%의 면적 단축율을 얻었다.

이처럼 향상된 특성은 원형패치의 중심으로부터

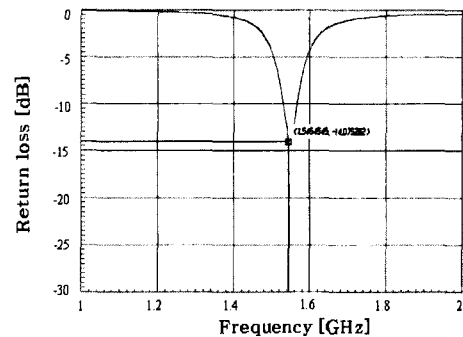
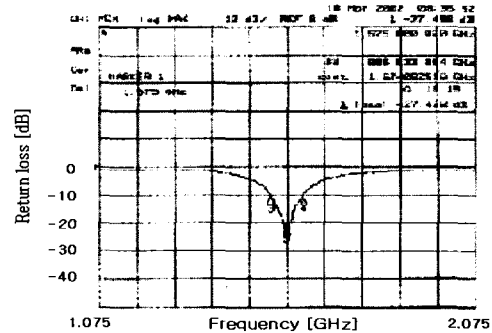
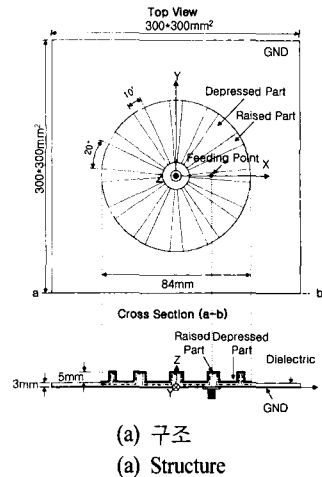


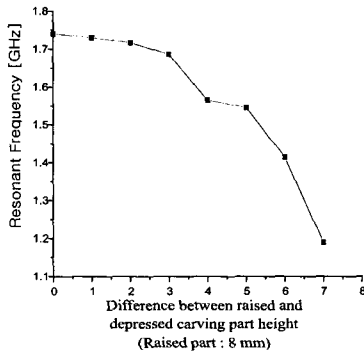
그림 1. 선형편파 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조 및 반사손실

Fig. 1. Structure and return loss characteristics of linearly polarized, radially corrugated circular-type MPA.

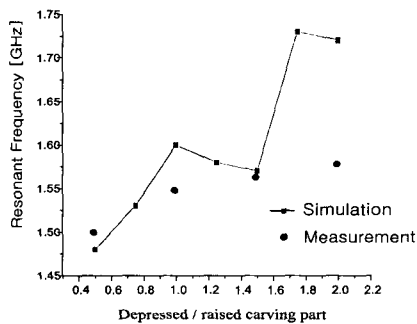
방사방향으로 음각과 양각이 일정각도의 폭을 갖고 배열되어 전류의 경로에 많은 주름의 효과가 가미됨

표 1. 평면 및 방사 방향 주름형 패치 크기
Table 1. The size of Planer and Radially corrugated type.

Linear antenna	Frequency [GHz]	Diameter of patch [mm] (Reduction rate of area %)
Planer circular patch(ref.)	1.575	99
Radially corrugated type	1.575	84(28)



(a) 높이차에 따른 공진주파수 변화(시뮬레이션)
(a) Resonant frequency according to the height through simulation



(b) 폭 변화에 따른 공진주파수 변화(시뮬레이션 및 측정치)
(b) Resonant frequency according to the breadth through simulation and measuring

그림 2. 음각과 양각의 높이와 폭의 비율에 따른 공진주파수의 변화
Fig. 2. Resonant frequency according to the breadth or height of depressed and raised carving part.

으로써, 패치 밀면의 전류 길이가 더욱 길게 되어 공진주파수를 하강시키고 가시적인 패치 직경 단축의 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

다음은 방사 주름형 패치 안테나 역시 양각과 음

각의 요소가 패치 직경의 크기 단축의 결과를 가져 오므로 두 요소의 높이와 폭에 의한 공진주파수의 변화를 관찰하였다.

그림 2에서는 주름형 패치요소인 음각과 양각의 높이, 폭 변화에 따른 공진주파수의 변화로서 패치의 직경은 84 mm, 양각의 높이는 8 mm로 고정한 후 음각의 높이를 변화시켜 얻은 공진주파수의 시뮬레이션결과를 (a)에 나타내었다. 음각과 양각의 폭 비에 따른 공진주파수 변화에 대한 시뮬레이션과 측정결과를 (b)에 나타내었다.

(a)의 경우 높이의 차가 커질수록 주파수가 낮아지는 특성이 나타나는데 이는 가시적인 공진 길이의 증가에 의한 것이라 사료되며, (b)의 경우 양각의 폭이 증가함으로써 주파수가 저하되는 특징이 나타나는데, 이는 패치 구조변형에 의한 섭동법의 영향으로 자기에너지가 증가되었기 때문으로 사료된다. 이는 동일주파수에서 제작시 패치의 크기가 작아짐을 의미한다.

음각부와 양각부의 높이와 폭에 따른 변화가 안테나 크기 단축에 기여함을 확인한 후 방사패턴을 측정, 시뮬레이션 하였다. 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

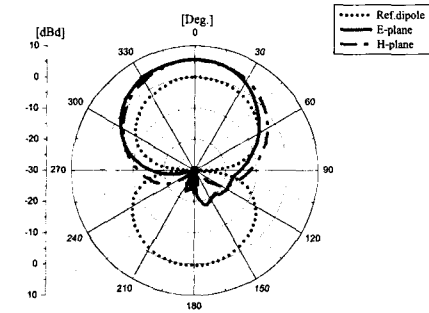
그림 3은 방사패턴으로서 소형화에 따른 평면 원형 패치 안테나에 비하여 다소 이득의 저하(1.9 dB)를 보이나 원 방향 주름형과 마찬가지로 전형적인 패치 안테나의 방사특성을 유지하고 있다. 이러한 방사특성을 평면 원형, 패치 안테나의 측정특성과 함께 표 2에 나타내었다.

표 2는 선형편파 평면, 원 방향 및 방사 주름 원형 패치 안테나의 이득과 -3 dB 빔폭의 측정결과를 요약하였다. 단축의 효과가 큰 방사 주름 원형 패치 안

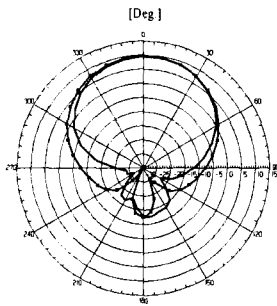
표 2. 평면 및 방사 주름 원형 패치 안테나의 방사 특성

Table 2. Characteristics of radiation pattern.

Linear Pol. antenna	Planer circular patch	Radially corrugated type
Gain(dBd)	7.5	5.6
-3 dB beamwidth [Deg.]	E-plane	53
	H-plane	66
		70.6



(a) 측정치
(a) Measured value(pattern and axial ratio)



— E-plane Gain=9.37 dBi(7.22 dBd), HPBW=57°
 - - H-plane Gain=9.37 dBi(7.22 dBd), HPBW=62°
 (b) 시뮬레이션
 (b) Simulation

그림 3. 선형편파 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 방사패턴

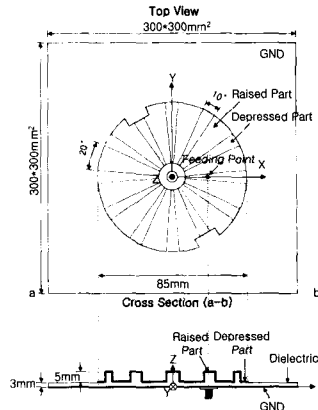
Fig. 3. Radiation pattern of linearly polarized radially corrugated circular-type MPA.

테나가 다소 이득의 저하를 보이나, 이득 저하만큼의 넓은 빔폭의 특성을 보이고 있어 원형편파용 안테나로 제작시, 광각이 요구되는 GPS용에 맞는 특성을 유지할 수 있음을 확인하였다.

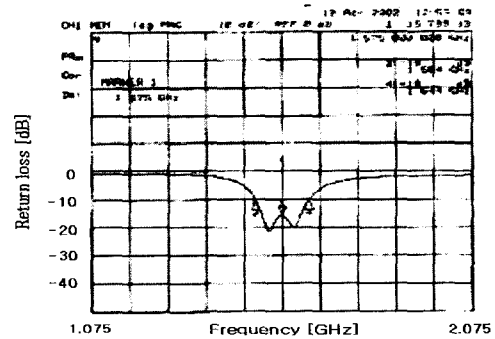
다음은 GPS용 안테나로서 현 시스템에 사용중인 우선원형편파용 안테나를 급전부(x축)를 중심으로 45° 방향의 패치 가장자리에 홈을 내는 일반적인 방법으로 설계 및 제작하여 그 특성을 기술하였다.

원형편파 방사 주름형 패치 안테나의 -10 dB 대역폭은 측정결과와 시뮬레이션 결과가 다소 차이는 있으나, 공진주파수는 근소한 오차를 보이고 있다. 측정시, -10 dB 대역폭은 175 MHz(11.1%)로 선형편파 안테나의 약 2배이며, 중심주파수 1.575 GHz에서도 반사손실 -15.7 dB의 좋은 특성을 얻었다.

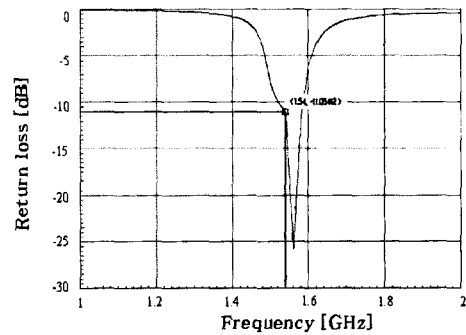
시뮬레이션 결과와 비교하여 대역폭이 넓게 된



(a) 구조
(a) Structure



(b) 측정치($f_0=1.575$ GHz, B.W=175 MHz, 11.1 %)
 (b) Measured value($f_0=1.575$ GHz, B.W=175 MHz, 11.1 %)

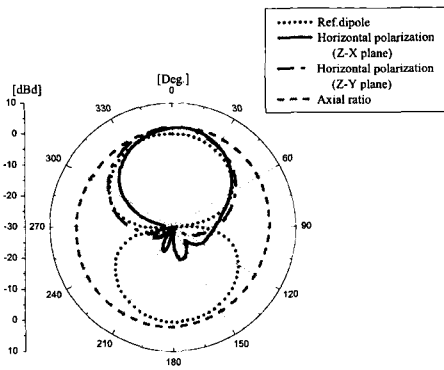


(c) 시뮬레이션($f_0=1.525$ GHz, B.W=64 MHz, 4.2 %)
 (c) Simulation($f_0=1.525$ GHz, B.W=64 MHz, 4.2 %)

그림 4. 원형편파 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조 및 반사손실

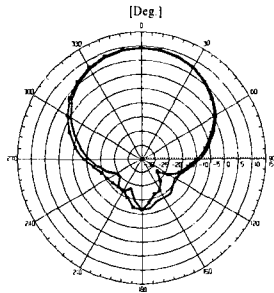
Fig. 4. Structure and return loss characteristics of circularly polarized radially corrugated circular-type MPA.

것은 실제 안테나의 패치 밀면 전류 경로가 더욱 다양



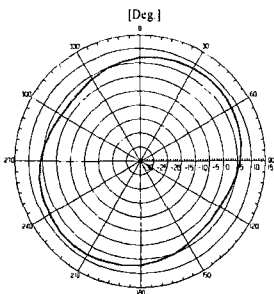
Z-X plane Gain=4.25 dBi(2.1 dBd), HPBW=72°
 Z-Y plane Gain=4.25 dBi(2.1 dBd), HPBW=80°
 Axial ratio=1.3 dB

(a) 측정치(패턴 및 축비)
 (a) Measured value(pattern and axial ratio)



— Z-X plane Gain=5.7 dBi(3.55 dBd), HPBW=62°
 -■- Z-Y plane Gain=5.7 dBi(3.55 dBd), HPBW=72°

(b) 시뮬레이션
 (b) Simulation



(c) 축비 시뮬레이션(1.9 dB)
 (c) Axial ratio simulation(1.9 dB)

그림 5. 원형편파 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 방사패턴 및 축비

Fig. 5. Radiation patterns and axial ratio of radially polarized circularly corrugated circular-type MPA.

화되기 때문에 대역폭이 다소 증가된 것으로 사료된다.

그림 5는 원형편파 방사 주름 원형 패치 안테나의

방사패턴 및 축비결과로 (a)는 측정치, (b)와 (c)는 시뮬레이션결과로서 모두 유사한 형태의 패턴이 얻어졌으며, 이들은 선형편파에 비하여 약 3 dB 저하된 일반적인 원형편파 특성을 지니고 있다. 측정된 이들은 선형편파 안테나보다 3.5 dB 낮은 2.1 dBd이고, 설계주파수인 1.575 GHz에서 축비는 1.3 dB로 설계된 안테나가 패치 크기단축의 유리할 뿐만 아니라 양호한 GPS용 원형편파 안테나로 사용 가능성이 확인되었다.

III. 결 론

본 논문에서는 소형화를 위해 방사 주름구조를 가진 방사 원형 마이크로스트립 패치 안테나에 대하여 기술하였다. 방사 주름 원형 마이크로스트립 패치 안테나는 선형편파인 경우 동일주파수에서 84 mm의 직경 크기를 얻어 평면 원형 패치 안테나에 비하여 28 % 면적 단축율을 나타내었으며, 또한 GPS 시스템에 맞추어 우선원형편파용 안테나로 제작하여 측정결과, 중심 주파수 1.575 GHz에서 1.3 dB의 양호한 축비를 얻었으며, 15 MHz(0.9 %)의 2 dB 축비 유지 대역폭 특성을 나타내어 소형화를 위한 GPS용 안테나로 적합함이 확인되었다.

금후의 연구 과제로는 두 안테나에 대한 최적의 단축율의 파라미터들을 추출하여 적층형 세라믹 안테나를 구현하고자 한다.

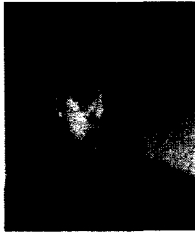
참 고 문 헌

- [1] Balanis, *Antenna Theory analysis and design second edition*, Wiley, 1997.
- [2] 송무하, 문상만, 우종명, "소형화를 위한 주름형 선형편파 패치 안테나", 한국통신학회 하계종합 학술발표회, 23(1), pp. 803-806; 2001년.
- [3] 송무하, 우종명, 이호선, "소형화를 위한 격자 구조의 요철형 원편파 마이크로스트립 패치 안테나의 설계", 한국전자과학회 추계 마이크로파 및 전파학술대회, 24(2), pp. 351-354, 2001년.
- [4] 류미라, 우종명, 신현철, "소형화를 위한 주름형 선형편파 원형 패치 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회 추계 마이크로파 및 전파학술대회, 24(2), pp. 367-370, 2001년.

[5] S. Lee, J. Woo, Ryu and H. Shin, "Corrugated circular microstrip patch antennas for miniaturization", *IEE. Electronics Letters*, vol. 38, no. 6, pp. 262-263, Mar. 2002.

[6] S.-M. Lee, J.-M. Woo, "Radially corrugated circular Microstrip patch antenna", *APMC 2002*, vol. 3, pp. 1621-1624, Nov. 2002.

이 성 민



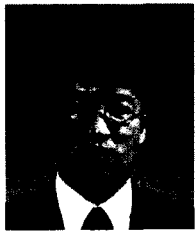
2000년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
[주 관심분야] Antenna design

우 중 명



1985년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
1993년 2월: Univ. of Nihon, Antenna (공학석사)
1996년 2월: Univ. of Nihon, Antenna (공학박사)
1996년~현재: 충남대학교 전자공학과 부교수
[주 관심분야] Antenna design

김 종 래



1993년 2월: 충남대학교 물리학과 (이학사)
1996년 5월: 미국 인디애나 주립 Ball State University, Physics & Astronomy (이학석사)
2003년 2월: 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

[주 관심분야] Microstrip Antenna and Microwave passive devices