

Perturbation 효과를 이용한 원형 마이크로스트립 안테나의 소형화

Miniaturization of Circular Microstrip Antenna Using the Perturbation Effect

류 미 라 · 허 정 · 우 종 명*

Mi-Ra Ryu · Jung Hur · Jong-Myung Woo*

요 약

본 논문에서는 설계 주파수인 1.575 GHz에서 동작하는 마이크로스트립 안테나의 패치 크기(공진 길이)를 줄이기 위하여 패치의 양단 끝부분을 음각으로 구성하여 perturbation 효과를 적용한 3차원 구조의 모자형 원형 마이크로스트립 안테나를 고안 및 설계하였다. 그 결과 반사 손실 -26.59 dB, -10 dB 대역폭 65 MHz(4.13 %), 이득 4.66 dBd, -3 dB 빔폭 E, H-면 각각 79°, 87°의 특성을 나타내었으며, 안테나 직경은 85 mm로 평면형의 97 mm에 비해 12 mm(12.4 %) 단축되어 23.2 %의 면적 축소율을 얻었다. 또한 패치의 크기를 더욱 소형화시키기 위하여 최적화시킨 양각 대 음각의 비와 접근선 각도를 조정하여 설계 주파수에서 동작하는 선형 편파 및 원형 편파 야구공형 원형 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 선형 편파의 경우, 패치 직경은 74 mm로 평면형에 비해 41.8 %의 면적 축소율을 얻었으며, 원편파의 경우, 패치 직경이 82 mm로 평면형 선형 편파에 비해 28.5 %의 면적 축소율을 얻었다. 이로써 원형 마이크로스트립 안테나의 소형화에 perturbation 효과 적용이 유효함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a 3D structure skimmer-shaped circular microstrip antenna is designed, the ends of whose both sides are made as DC(Depressed Carving part) applying perturbation effect to reduce the patch size of microstrip antenna operating at design frequency 1.575 GHz. The result shows its return loss, -10 dB bandwidth, gain, -3 dB beamwidth E, H-plane are -26.59 dB, 65 MHz(4.13 %), 4.66 dBd, 79°, 87° respectively. The diameter of the antenna is 85 mm, which is 12.4 % reduced compared to the size(97 mm) of general microstrip patch antenna. Therefore its area reduction is 23.2 %. Furthermore, a linear and circular polarized baseball-shaped circular microstrip antenna is designed to minimize the patch size of the antenna. This structure of antenna operating at the design frequency 1.575 GHz is applied with the optimum RC(Raised Carving part) & DC ratio and an asymptotic line angle. In case of linear polarized baseball-shaped circular microstrip antenna, the patch size of the antenna is 74 mm, which is 41.8 % area reduction compared to general microstrip patch antenna. In case of circular polarized baseball-shaped circular microstrip antenna, the diameter of patch is 82 mm, which is 28.5 % area reduction compare to general microstrip patch antenna linear polarized. We have verified that the perturbation effect can be applied to minimize the circular microstrip antenna.

Key words : Microstrip Antenna, Circular, Perturbation, Miniaturization, Skimmer-Shaped, Baseball-Shaped

I. 서 론

최근 주목 받는 GPS의 안테나 경우, 무엇보다도 소

건국대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Konkuk University)

*충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20060223-012

· 수정완료일자 : 2006년 7월 18일

형화가 요구되며 안테나의 크기가 파장에 비례적인 관계를 갖기 때문에 소형화에 대한 많은 연구가 필요하다.

GPS용 안테나로 현재 가장 널리 사용되고 있는 마이크로스트립 패치 안테나^{[1],[2]}는 소형화에 유리한 자세, 적은 부피, 소형 경량의 특성을 갖고 있으며 안테나의 소형화를 위해 고 유전율의 유전체가 사용되기도 하지만, 유전체로 인한 이득 및 방사 효율의 저하 억제를 위해 패치 구조의 변형을 통한 소형화 연구가 필요하다.

이미, 유전체에 의존하지 않고 패치 구조 변형을 통한 소형화 방법으로 슬릿, 슬롯, 단락 핀 등을 사용하는 방법^[2]과 3차원 구조 변형 방법^{[3]~[5]}들이 있는데, 3차원 구조 변형 방법으로써, 원형 마이크로스트립 패치 안테나를 편파 방향으로 요철 형태인 양각(RC: Raised Carving part)과 음각(DC: Depressed Carving part)의 주름을 잡아 안테나를 소형화하는 방법에 대하여도 연구^{[6],[7]}되어져 왔다.

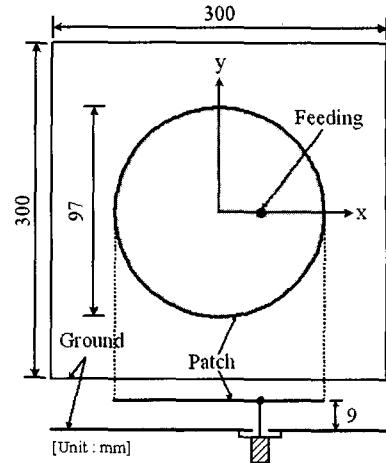
본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 크기를 줄이기 위해, perturbation 효과^[8]를 적용한 3차원 구조의 모자형 원형 마이크로스트립 안테나를 제안하였고 설계·제작하였으며, 더욱 소형화시키기 위해 야구공형 3차원 구조의 원형 마이크로스트립 안테나를 설계·제작하였다. 이들 특성들에 대해 기술하고자 한다.

II. 본 론

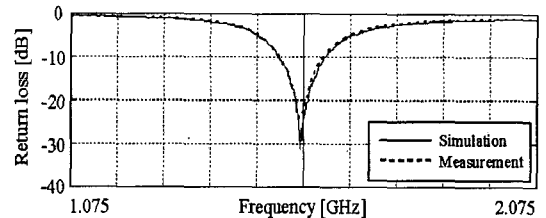
2.1 평면형 마이크로스트립 패치 안테나

Perturbation 효과를 이용한 원형 마이크로스트립 안테나의 소형화 효과를 확인하고자, 먼저 기준이 되는 일반적인 평면형 선형 편파 마이크로스트립 패치 안테나를 중심 주파수 1.575 GHz(파장 $\lambda=190.5$ mm)에서 제작 및 시뮬레이션 하였다. 이때 평면형 패치의 크기는 지름 97 mm이고, 3차원 구조의 제작을 용이하게 하기 위해 9 mm 높이의 폼(foam $\epsilon_r=1.06$)을 사용하였다.

그림 1에 제작된 평면형 선형 편파 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조 및 반사 손실 특성을 나타내었다. 중심 주파수에서 반사 손실은 -25 dB,



(a) 구조
(a) Structure



(b) 반사 손실(시뮬레이션 & 측정)
(b) Return loss(simulation & measurement)

그림 1. 평면형 선형 편파 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조 및 반사 손실

Fig. 1. Structure and return loss general linear polarized circular microstrip patch antenna.

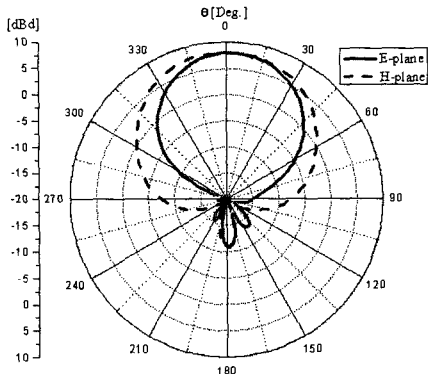
-10 dB 대역폭은 100 MHz(6.35 %)이다. 설계 오차는 실측치가 5 MHz 하향 편차를, -10 dB 대역폭은 10 MHz(0.64 %) 넓은 결과를 보였다.

그림 2에서 이득은 5.46 dBd(7.61 dBi), -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 각각 54°, 75°이며, 설계 오차는 이득이 2.49 dB, -3 dB 빔폭은 5~12°를 나타내었다.

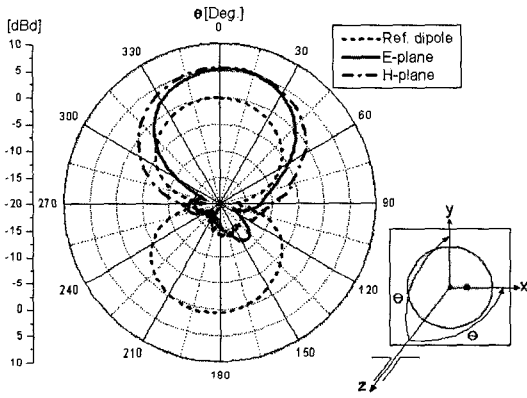
위 결과로부터 실측치와 시뮬레이션 간에 발생한 오차는 제작상의 오차로 사료된다.

2.2 모자형 원형 마이크로스트립 안테나

그림 3(a)는 변형 이전의 일반적인 도체 공진기 구조와 구조 내부에서 정의되는 전자계를, (b)는 변형된 도체 공진기 구조와 구조 내부에서 정의되는



(a) 시뮬레이션
(a) Simulation



(b) 측정
(b) Measurement

그림 2. 평면형 선형 편파 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 방사 패턴

Fig. 2. Radiation pattern of general linear polarized circular microstrip patch antenna.

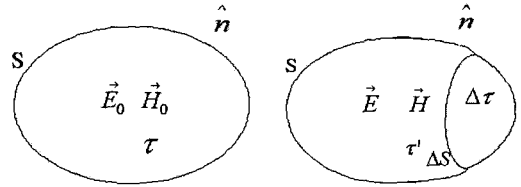
전자계를 나타내었다.

식 (1)에서, 분모는 원형 도체 공진기의 체적 τ 의 총 에너지를 나타내고, 분자는 변형된 도체 공진기의 체적 $\Delta\tau$ 의 에너지를 표현하였다. 전계의 세기가 더 큰 부분에 변형을 주었을 때, 전계 에너지의 체적 감소가 커져 주파수가 낮아지는 특성을 갖게 된다. 이것이 perturbation 효과^[8]이다.

$$\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \approx \frac{\int \int \int_{\Delta\tau} (\mu |\vec{H}_0|^2 - \epsilon |\vec{E}_0|^2) d\tau}{\int \int \int_{\tau} (\mu |\vec{H}_0|^2 + \epsilon |\vec{E}_0|^2) d\tau} \quad (1)$$

ω_0 : 원형 공진기의 공진 주파수

ω : 변형된 공진기의 공진 주파수, ϵ : 유전율, μ : 투자율



(a) 원형 도체 공진기
(a) Original metal cavity

(b) 변형된 도체 공진기
(b) Perturbed metal cavity

\vec{E}_0, \vec{H}_0 : 원래 공진기 내의 전자계

\vec{E}, \vec{H} : 변형된 공진기의 전자계

S : 원형 공진기의 표면적

S' : 변형된 공진기의 표면적

τ : 원형 공진기의 체적

τ' : 변형된 공진기의 체적

$\Delta S, \Delta\tau$: 원래공진기와 변형된 공진기의 경계면과 체적

\hat{n} : 표면에 대한 접선성분

그림 3. 변형 전, 후의 도체 공진기 구조

Fig. 3. The structure of metal cavity before and after modification.

그림 4에 나타난 TM_{110}^2 의 원형 마이크로스트립 패치 안테나에 있어서 패치와 접지면 가장자리가 자기벽으로 둘러 쌓여 있다. 여기서 상대적으로 전계의 세기가 큰 패치가 가장자리를 그림 5(a)와 같이 눌렀을 때, 공진 주파수가 하향되는 perturbation 효과를 얻게 된다. 기준이 되는 평면형 선형 편파 마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 소형화하기 위해서 perturbation 효과를 모자 모양의 주름형 구조로 적용시켜 양각과 음각의 비율에 따른 주파수 변화 특성을 살펴보았다.

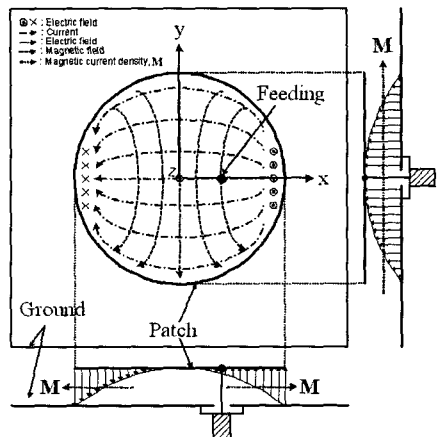


그림 4. 평면형 원형 마이크로스트립 패치 안테나에 대한 기본 모드의 전류 및 필드 분포

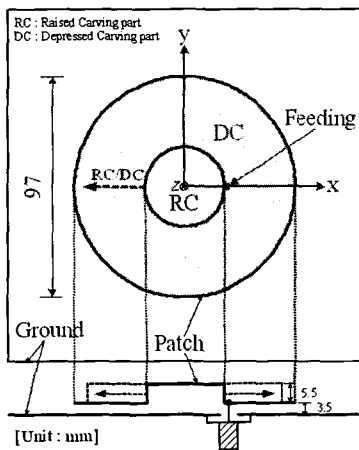
Fig. 4. Current & field distribution of general circular microstrip patch antenna in dominant mode.

그림 5에 나타난 바와 같이 평면형 원형 패치의 지름 97 mm과 동일한 크기에 자계 에너지가 최대한 중앙 양각(RC)의 높이를 9 mm, 전계 에너지가 최대한 부분이 포함된 가장자리 음각(DC)의 높이를 3.5 mm, 급전은 평면형과 동일한 위치에 고정시키고, 양각 대 음각의 직경 폭 비를 0.5에서 6까지 변화시켰을 시 주파수 변화 결과를 그림 5(b)에 보였다.

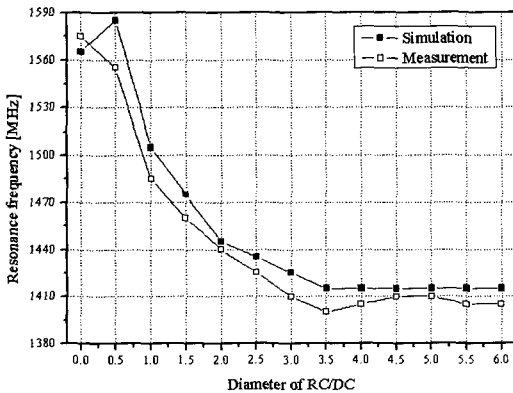
이때, 주파수 변화가 가장 낮은 최적화된 비율을 결정하였다. 양각/음각 비율이 커질수록 공진 주파수가 낮은 주파수 쪽으로 포화되는 특성을 보이며, 양각/음각이 3.5일 때 공진 주파수가 1.4 GHz로 설계 주파수에 비해 175 MHz 정도 낮아졌고 양각/음각이

3이상이 되면 주파수 하향 특성이 포화된다. 이는 양각의 비율이 커질수록 자계 에너지 체적 변화가 적어 주파수가 하향되나 어느 정도 이상이 되면 전계 에너지 체적 변화도 적게 되므로 주파수 하향 특성이 제한되게 된다. 이러한 주파수 하향 특성은 시뮬레이션 결과와도 일치한다.

따라서 그림 6에서는 공진 주파수가 하향된 양각/음각의 최적화된 비율 3.5를 적용하여, 원형 마이크로스트립 안테나를 중심 주파수 1.575 GHz에서 최적화된 치수, 전자계 및 전류 분포를 그림 6(a)에 표현하였고, 반사 손실을 그림 6(b)에 나타내었다. 설계 주파수에서 반사 손실은 -26.6 dB, -10 dB 대역폭은 65 MHz(4.13 %)로 실측치가 25 MHz 하향 편차를, -10 dB 대역폭은 5 MHz(0.32 %) 넓은 결과를 보였

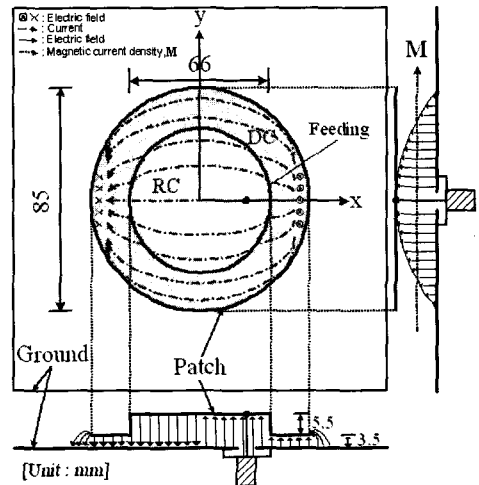


(a) 구조
(a) Structure

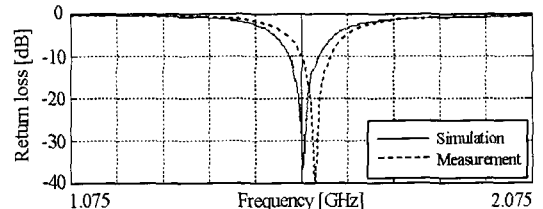


(b) 공진 주파수 변화
(b) Resonance frequency change

그림 5. 양각/음각에 의한 공진 주파수 변화
Fig. 5. The resonance frequency change according to the rate of RC/DC.

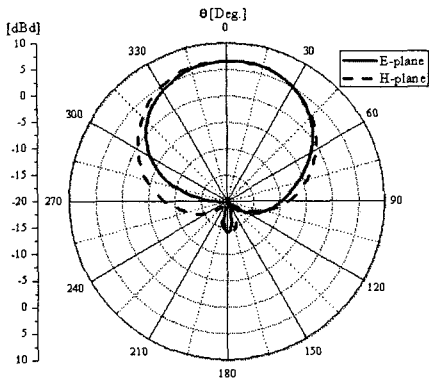


(a) 구조 및 전자계 필드, 전류 분포
(a) Structure & electromagnetic field, current distribution

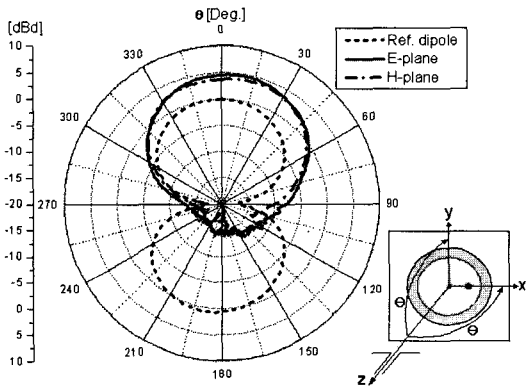


(b) 반사 손실(시뮬레이션 & 측정)
(b) Return loss(simulation & measurement)

그림 6. 모자형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나의 구조 및 반사 손실
Fig. 6. Structure and return loss of skimmer-shaped linear polarized circular microstrip antenna.



(a) 시뮬레이션
(a) Simulation



(b) 측정
(b) Measurement

그림 7. 모자형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나의 방사 패턴

Fig. 7. Radiation pattern of skimmer-shaped linear polarized circular microstrip antenna.

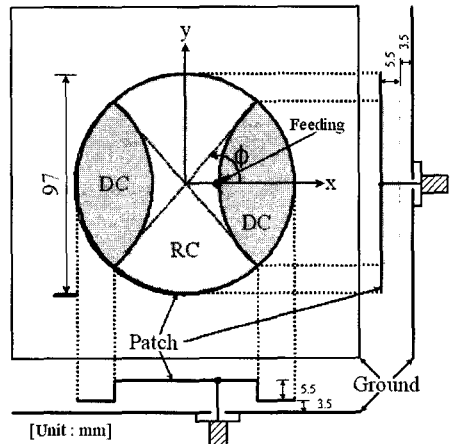
다. 이때, 최적화된 안테나의 원형 패치 크기(지름)는 85 mm(양각/음각=3.5)로 평면형에 비해 직경 크기가 12.4 % 단축되었고, 면적은 23.2 % 축소되었다.

그림 7의 방사 패턴에서 이득은 4.66 dBd(6.81 dBi), -3 dB 빔폭(E-plane)은 79°이고, 설계 오차는 이득이 2.05 dB, -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 7°를 나타내었다.

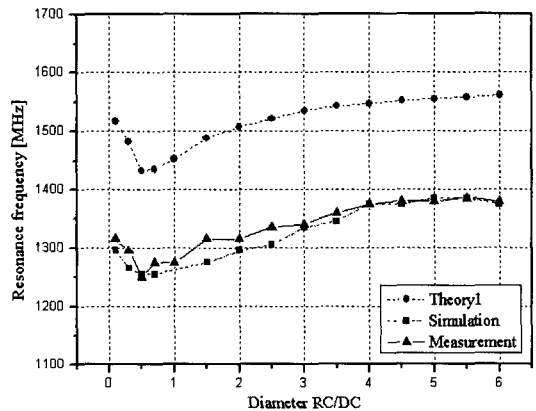
2-3 야구공형 원형 마이크로스트립 안테나

다음은 안테나를 더욱 소형화시키기 위하여, 평면형 원형 패치 안테나의 패치 밀면 전류 경로를 양각과 음각의 경계면과 직각이 되도록 야구공형 구조로 변경하였다. 이는 패치 내의 전계 에너지와 자계 에

너지의 분포가 패치 밀면의 전류 분포에 기인하기 때문에 전계, 자계 에너지 영역의 비율 및 구분을 명확하게 하기 위함이다. 이와 같은 구조에 패치 직경이 97 mm 상태에서 양각(RC) 대 음각(DC)의 급전선 경우 직경비를 0.1에서 6까지 변경시켰을 시 공진 주파수 변화의 이론치, 시뮬레이션 결과 및 측정값을 그림 8에 나타내었다. 이론치는 식 (1)에서 우변의 전계, 자계 각각의 체적차를 구한 다음 좌변에서 공진 주파수 ω 를 계산하여 얻은 결과이다. 측정치가 시뮬레이션 결과와 거의 유사하게 주파수 변화 특성을 갖고 있으나, 이론치와 다소 큰 차이가 나는 것은



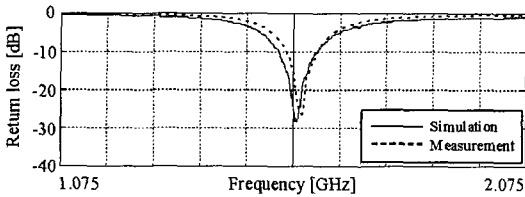
(a) 구조
(a) Structure



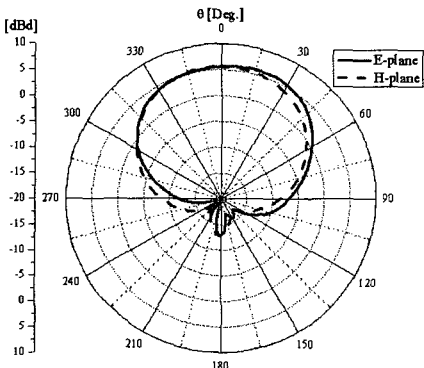
(b) 공진 주파수 변화
(b) Resonance frequency change

그림 8. 양각/음각에 의한 공진 주파수 변화
Fig. 8. The resonance frequency change according to the rate of RC/DC.

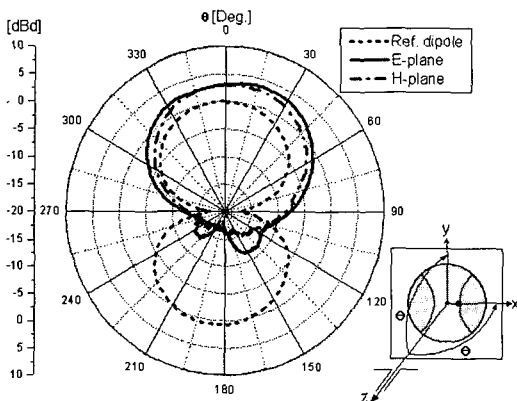
패치 밀면 각진 구석 부분에서의 가정적 전류 분포 및 실제 전류 분포의 차이 등에 기인된 것이라 사료된다. 이때 공진 주파수는 160~200 MHz 정도의 오차 범위를 나타내고 있으며, 측정치에 비해 이론치



(a) 반사 손실
(a) Return loss



(b) 시뮬레이션
(b) Simulation



(c) 측정
(c) Measurement

그림 9. 야구공형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나의 반사 손실 및 방사 패턴(양각/음각=0.5)

Fig. 9. Return loss & radiation pattern of linear polarized baseball-shaped circular microstrip antenna(RC/DC=0.5).

가 주파수 저하가 낮은 경향을 보였다. 경향이 비슷한 시뮬레이션 결과와 측정치의 공진 주파수를 비교해 보면 급전선을 경유한 직경의 양각/음각이 0.5일 때, 각각 1.255 GHz, 1.25 GHz로, 설계 주파수 1.575 GHz에 비해 320 MHz, 325 MHz 정도 낮아졌다. 이는 20.3%~20.6% 공진 주파수가 하향된 것으로 야구공형 구조가 모자형 구조에 비해 안테나 소형화에 더 유리함을 확인할 수 있었다.

그림 9에서는 주파수 하향 특성을 위해 급전선을 경유한 직경의 최적화된 양각/음각을 0.5로 적용시켜, 중심 주파수 1.575 GHz에서 원형 마이크로스트립 안테나를 최적화한 반사 손실과 방사 패턴 특성을 나타내었다. 최적화된 안테나의 원형 패치 크기(지름)는 76 mm(양각/음각=0.5)로 평면형에 비해 20.6% 단축되었고 -10 dB 대역폭은 82.4 MHz(5.23%), θ 가 0°의 이득은 3.73 dB(5.88 dBi), -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 92°, 81°이다. 설계 오차는 실측치가 -10 dB 대역폭이 17.4%(1.1%) 넓고, 이득은 1.86 dB, -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 2~3°를 나타내었다. 그리고, 모자형에 비해 이득이 0.93 dB 저하되고 빔폭(E-plane)이 13° 크게 된 것은 소형화로 인한 방사 개구간의 배열(array) 간격이 좁아져 발생한 현상으로 사료된다.

지금까지 패치 밀면의 전류 경로에 직각으로 양각과 음각의 경계를 설정하여 안테나 소형화에 최적화된 급전축의 양각/음각(0.5)을 고정한 상태에서 안테나 특성을 고찰하였으나, 실제적인 전계 에너지와

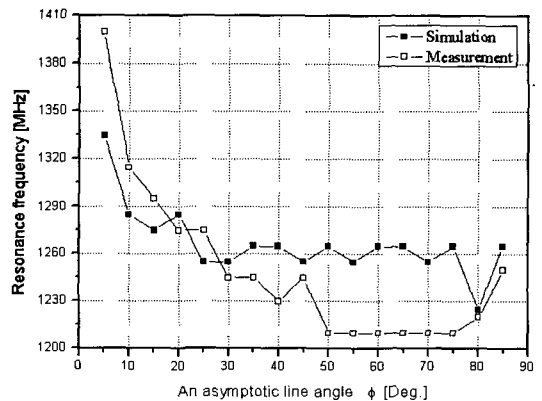
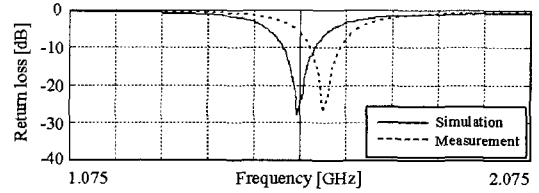


그림 10. 점근선 각도 변화에 따른 공진 주파수 변화
Fig. 10. The resonance frequency change according to an asymptotic line angle ϕ .

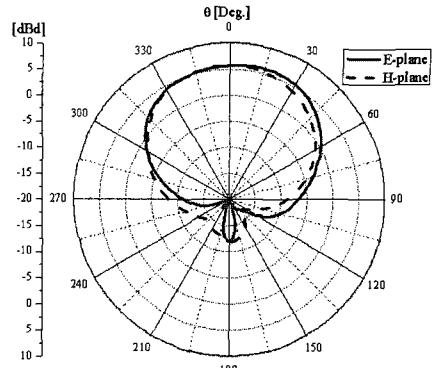
자계 에너지의 영향 영역을 명확하게 구분할 수 있다면 안테나 소형화에 더욱 효과적일 것이다. 따라서 양각/음각이 0.5이고 이때 기준이 된 점근선 각도를 변화시켜 소형화하고자 한다. 이때, 소형화에 더욱 최적화된 양각과 음각의 경계 쌍곡선의 점근선 각도를 얻기 위해 그림 8(a)의 점근선 각도 ϕ 를 5~85°까지 5° 간격으로 변화시켜 얻은 공진 주파수 변화 특성을 그림 10에 나타내었다. 각도 ϕ 가 커짐에 따라 공진 주파수가 하향되고 $\phi=80^\circ$ 부터 다시 상향되는 특성을 나타내었다. 즉 ϕ 는 50~75°에서 최적의 공진 주파수 하향 특성을 나타내었다. 시뮬레이션에서는 ϕ 가 25~75°까지는 일정한 분포를 나타내며 80°에서 1.225 GHz로 공진 주파수 하향 특성을 나타내었다. 따라서 본 논문에서는 측정값을 토대로 최적화된 점근선 각도 ϕ 의 값을 평균값인 65°로 결정하였다. 이때 공진 주파수는 평면형 설계 주파수에 비해 365 MHz 정도 하향되었고, 양각 대 음각의 직경 폭 비율 0.5에 비해서는 40 MHz 정도 더 하향되었다. 이로써, 평면형 안테나 구조의 전자계 필드 분포 곡선에 섭동법의 원리를 적용하였을 때, 소형화에 유리한 조건은 음각/양각 비율이 0.5, 점근선 각도가 65°임을 확인하였다.

그림 11에서는 야구공형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나에서 결정된 양각 대 음각의 직경 비 0.5와 그 비율에서의 점근선 각도 65°를 적용하여 최적화된 반사 손실 및 방사 패턴 특성을 나타내었다. 최적화된 안테나의 원형 패치 지름은 74 mm(양각/음각=0.5)로 평면형에 비해 23.7% 단축되었고 면적은 41.8% 축소되었다. 반사 손실은 중심 주파수에서 -26 dB, -10 dB 대역폭은 69 MHz(4.38%), 이득은 4.51 dBd(6.66 dBi), -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 99°, 83°이다. 설계 오차는 실측치가 55 MHz 공진 주파수 하향 편차를, -10 dB 대역폭은 3 MHz(0.2%) 좁고, 이득은 1.16 dB, -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 3~7°를 나타내었다. 이때 점근선 각도가 최적화되기 전에 비해 이득이 0.77 dB 증가된 것은 전계 에너지가 강한 영역의 체적 변화를 최적화 및 전계가 강한 x, -x 방향의 방사 개구면의 확대로 기인된 것이다.

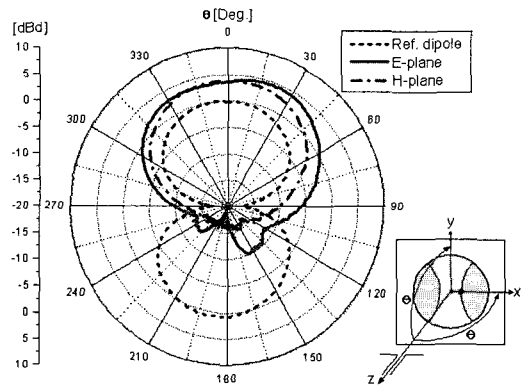
마지막으로 최적화된 야구공형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나에 양각 대 음각의 비 0.5와



(a) 반사 손실
(a) Return loss



(b) 시뮬레이션
(b) Simulation

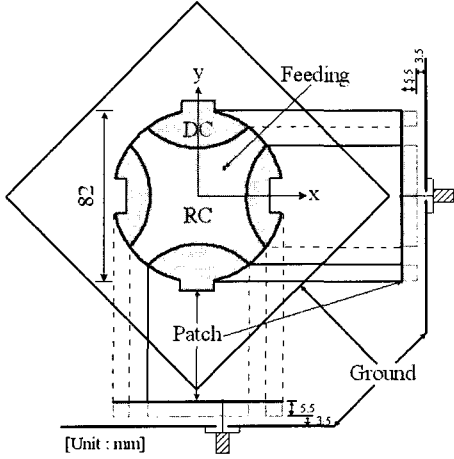


(c) 측정
(c) Measurement

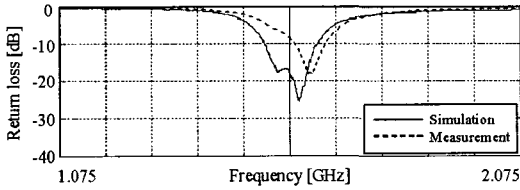
그림 11. 야구공형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나의 반사 손실 및 방사 패턴(양각/음각=0.5, 점근선 각도 $\phi=65^\circ$ 일 때)

Fig. 11. Return loss & radiation pattern of linear polarized baseball-shaped circular microstrip antenna(RC/DC=0.5, an asymptotic line angle $\phi=65^\circ$).

점근선 각도 65°를 기준으로 원편파 특성을 갖는 안테나를 설계하였다. 1.575 GHz에서 공진하는 원편파 원형 마이크로스트립 안테나 구조 및 반사 손실을



(a) 구조
(a) Structure



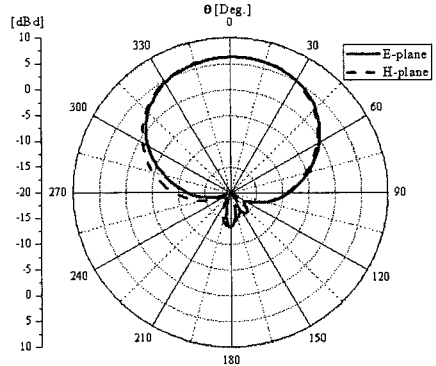
(b) 반사 손실(시뮬레이션 & 측정)
(b) Return loss(simulation & measurement)

그림 12. 야구공형 원편파 원형 마이크로스트립 안테나의 구조 및 반사 손실

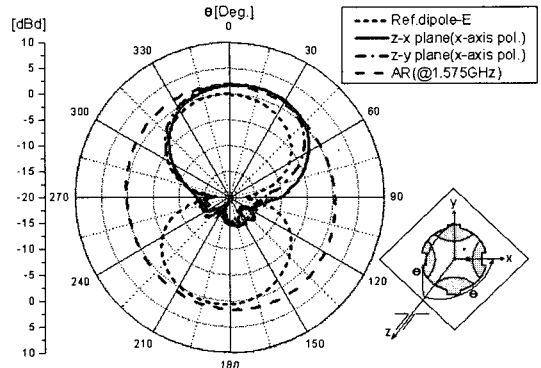
Fig. 12. Structure and return loss of circular polarized baseball-shaped circular microstrip antenna.

그림 12에 나타내었다. 최적화된 안테나의 원형 패치 지름은 82 mm로 선형 편파 평면형에 비해 15.5% 단축되었고, 면적은 28.5% 축소되었다. 반사 손실은 중심 주파수에서 -17.4 dB, -10 dB 대역폭은 113.7 MHz(7.2%), 이득은 2 dBd(4.15 dBi), -3 dB 빔폭은 x-축 평행 편파일 때 E-면 및 H-면에서 87°, 86°이고, y-축 평행 편파일 때 E-면 및 H-면에서 80°, 84°이다. 설계 오차는 실측치가 -10 dB 대역폭은 43.7 MHz(2.8%) 넓고, 이득은 4.6 dB, -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면에서 2~5°를 나타내었다. 평면형에 비해 -3 dB 빔폭은 E-면 및 H-면 방사 패턴에서 4~20° 정도 넓어진 결과를 얻었다. 이때 방사 패턴의 결과를 그림 13에 보였다.

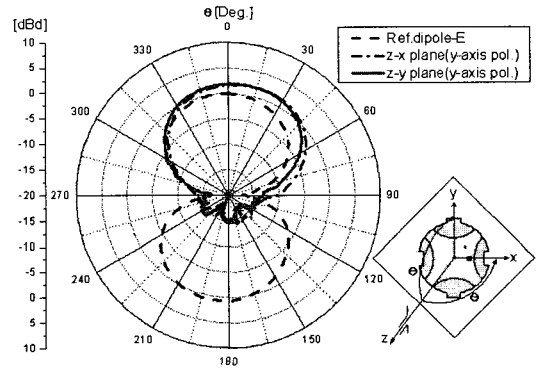
그림 14는 x-축 평행 편파일 때, 설계 주파수 1.575 GHz에서 측정된 축비로 z-축에서 1.8 dB이고,



(a) 시뮬레이션(z-x면 및 z-y면)
(a) Simulation(z-x plane & z-y plane)



(b) 측정(x-축 평행 편파)
(b) Measurement(x-axis polarized)



(c) 측정(y-축 평행 편파)
(c) Measurement(y-axis polarized)

그림 13. 야구공형 원편파 원형 마이크로스트립 안테나의 방사 패턴과 축비

Fig. 13. Radiation pattern & axial ratio of circular polarized baseball-shaped circular microstrip antenna.

3 dB 이하 축비 대역폭은 24 MHz이다. Elevation

III. 결 론

본 논문에서는 1.575 GHz에서 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 크기를 줄이기 위해 일반적인 평면형 구조에 perturbation 효과를 적용시켜 3차원 모자형, 야구공형 구조로 설계하여 안테나를 소형화시켰다.

Perturbation 효과를 적용시킨 모자형 구조의 최적화된 양각/음각의 비율 3.5일 때, 평면형에 비해 면적이 23.2 % 축소된 것을 확인할 수 있었다. 안테나의 면적을 더 축소시키기 위하여, 야구공형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 마찬가지로 perturbation 효과를 적용시킨 급전선 경우 직경의 양각 대 음각의 비율 변화와 각도 변화에 의해 공진 주파수 하향을 유도한 결과, 양각 대 음각의 직경 폭 비율이 0.5, 점근선 각이 65°일 때 소형화에 최적화됨을 확인하였다. 이때 평면형에 비해 면적이 41.8 % 단축되어 소형화 특성을 크게 얻었다.

끝으로 3차원 야구공형 구조를 이용하여 원편파 특성을 갖는 원형 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 선형 편파의 소형화 조건인 양각 대 음각의 비 0.5와 점근선 각도 65° 기준을 적용시켜 선

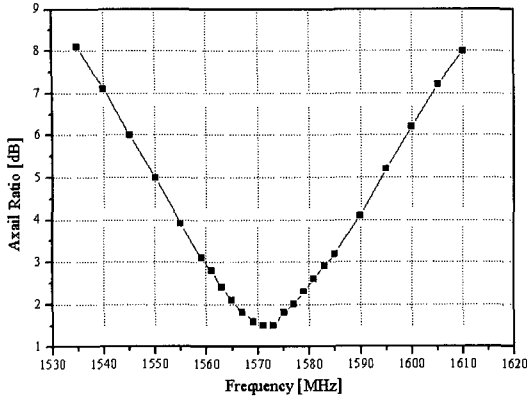


그림 14. 야구공형 원편파 원형 마이크로스트립 안테나의 축비

Fig. 14. Axial ratio of circular polarized baseball-shaped circular microstrip antenna.

angle에 따른 2 dB 축비는 0°를 기준으로 -10~40°이며, 전체 50°로 양호한 안테나 특성을 얻었다.

위에서 설명된 perturbation 효과를 이용한 3차원 구조의 모자형 선형 편파 원형 마이크로스트립 안테나와 야구공형 선형 및 원편파 원형 마이크로스트립 안테나를 평면형과 비교하여 제 특성 측정 결과를 표 1에 정리하였다.

표 1. 평면형, 모자형, 야구공형 선형 편파 및 원편파 원형 마이크로스트립 안테나의 크기 및 제 특성 비교
Table 1. Comparison and characteristics and size of general, skimmer-shaped, baseball-shaped linear and circular polarized circular microstrip antenna size.

특성	종류	평면형	모자형 (양각/음각=3.5)	야구공형 (양각/음각=0.5)	야구공형 (양각/음각=0.5) (점근선 각도=65°)	원편파 (양각/음각=0.5) (점근선 각도=65°)		
주파수[GHz]		1.575						
편파		선형 편파				원편파		
지름[mm]		97	85	76	74	82		
직경 단축율(%)		기준	12.4	21.65	23.7	15.5		
면적 단축율(%)		기준	23.2	38.6	41.8	28.5		
반사 손실[dB]		-25.09	-26.59	-23.43	-26.04	-17.43		
-10 dB 대역폭[MHz]		100(6.35 %)	65(4.13 %)	82.4(5.23 %)	69(4.38 %)	113.7(7.22 %)		
이득[dBd]		5.46	4.66	3.73	4.51	2		
-3 dB 빔폭	E-plane[°] (x-축 평행 편파)	66	79	92	99	87	86	
	H-plane[°] (y-축 평행 편파)	80	87	81	83	80	84	
축비[dB]/3 dB 축비 대역폭[MHz]						1.8 / 24		
2 dB 축비(x-축평행 편파) 빔폭[°]						50		

형 편파에 비해 28.5 %의 면적 축소를 얻었다. 1.8 dB의 축비와 축비 3 dB 이하의 대역폭 24 MHz를 얻어 perturbation 효과가 마이크로스트립 안테나의 소형화에 유효하며, 3차원 야구공형 구조가 GPS용 안테나의 소형화에 유리함을 확인할 수 있었다.

금후, 상용화에 필요한 적절한 구조 개선 및 문제점 해결에 대해 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

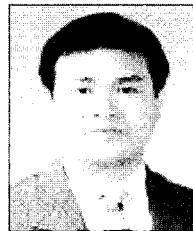
- [1] Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Second Edition, Wiley, pp. 722-784, 1997.
- [2] Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, and Apisak Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, pp. 8-68, 2001.
- [3] 송무하, 문상만, 우종명, "소형화를 위한 주름형 선형 편파 패치 안테나", 한국통신학회 하계종합 학술발표회, 23(1), pp. 803-806, 2001년 7월.
- [4] 송무하, 우종명, "소형화를 위한 3차원 구조 마이크로스트립 패치 안테나", 한국전자과학기술논문지, 14(2), pp. 157-167, 2003년 2월.
- [5] Moo-Ha Song, Jong-Myung Woo, "Miniaturisation of microstrip patch antennas using perturbation of radiating slot", *IEE Electronics Letter*, vol. 39, no. 5, pp. 417-419, 2003.
- [6] 이성민, 신현철, 류미라, 우종명, "소형화를 위한 주름형 선형 편파 원형 패치 마이크로스트립 안테나", 추계 마이크로파 및 전파학술대회, 24(2), pp. 367-370, 2001년 9월.
- [7] S. Lee, J. Woo, M. Ryu, and H. Shin, "Corrugated circular microstrip patch antennas for miniaturization", *IEE Electronics Letter*, vol. 38, no. 6, pp. 262-263, 2002.
- [8] Pozar, *Microwave Engineering*, Second Edition, Wiley, pp. 340-346, 1998.

류 미 라



1996년 2월: 충주대학교 전자통신 공학과 (공학사)
 2000년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
 2000년 3월~현재: 건국대학교 전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] 안테나

우 종 명



1985년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
 1993년 3월: 일본 니혼대학 전자공학과 (공학석사)
 1996년 3월: 일본 니혼대학 전자공학과 (공학박사)

1996년 9월~현재: 충남대학교 전파공학과 부교수
 [주 관심분야] 안테나

허 정



1981년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1991년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 4월~현재: 건국대학교 전자공학과 교수

[주 관심분야] 안테나