

# 개구면 결합 원형분극 패치 안테나의 소형화

## Miniaturization of Aperture-Coupled RHCP Patch Antenna

박 병 우\*, 정 봉 식\*

Byung-Woo Park\*, Bong-Sik Jeong\*

### 요 약

본 논문에서는 GPS(Global Positioning System)용 개구면 결합 소형 RHCP(Right-Handed Circular Polarization) 패치 안테나를 설계하였다. GPS 안테나의 원형분극 특성은 정사각형 패치면의 한 대각선 방향의 양 모서리에 섭동을 부여하여 구현하였고, GPS 안테나의 소형화는 패치면의 네 변의 중심에 일정한 길이의 슬릿을 삽입하여 등가적으로 표면전류의 경로를 증가하는 것으로 구현하였다. 안테나의 급전구조는 단일 급전구조로서 원형분극 안테나의 소형화가 용이하고 상대적으로 넓은 대역폭 특성을 갖는 접지도체에 십자형 개구면을 갖는 개구면 결합구조를 적용하였다. 해석 및 측정 결과, 소형 RHCP 안테나는 소형화 기법을 적용하기 이전에 비해 패치면적을 약 42.7% 줄였고, 대신 -10dB 대역폭과 3dB 축비대역폭은 각각 56%, 38.5% 감소하였다. 또한 제한 구조를 상용 GPS 세라믹 안테나에 적용한 결과, 3dB 축비대역폭이 56% 줄었지만 패치면적을 42.9% 줄일 수 있음을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, the miniaturization of aperture-coupled RHCP patch antenna for the GPS system is treated. Circularly polarization characteristics is implemented by truncating diagonal corners of the square patch. Antenna size is reduced by inserting four uniform slits at the patch edges, which was equivalently lengthened the surface current by meandering it. This antenna uses aperture-coupled feeding structure with crossed-slot shape in order to give easy miniaturization of RHCP patch antenna. Simulated and measured results show that 42.7% lower antenna size is obtained, and also 56% lower -10dB bandwidth and 38.5% lower 3dB AR bandwidth are obtained. when the proposed design scheme is applied to a commercial GPS antenna structure, 42.9% lower patch size and 56% lower 3dB AR bandwidth compared to commercial antenna at the same frequency are obtained.

**Key words** : Aperture-coupled, RHCP, Patch size, Compact, GPS antenna

### I. 서 론

최근 GPS, PCS, DMB, PDA, WLAN 등의 이동통신 기술의 급속한 발전으로 통신 단말기의 소형화 및 경량화가 이루어지고 있으며, FCC(Federal Communication Commission)에서는 2001년 8월 이후 미국에서 판매되는 모든 휴대통신 단말기에 GPS 서비스를 추가하도록 요구함에 따라 GPS 안테나의 소형화와 경량화가 필요하다 [1].

GPS는 고정밀도의 위치정보를 알아내는 대표적인 시스

템으로 고도 2만km에 배치된 24개의 위성은 12시간 주기로 지구상을 주회하면서 항법신호를 제공한다

항법신호는 두 가지 주파수를 사용한다. 군사용인 P(Precision)코드는 1.57542GHz의 L1대역과 1.2276GHz의 L2대역을 사용하고, 민간용의 C/A(coarse acquisition) 코드는 L1대역을 사용한다. C/A 코드는 초기에 정밀도를 고의적으로 낮추기 위해 SA(Selective Availability)를 부가하였으나 2000년 5월부터 SA를 해제함으로써 민간용도 고정밀도의 위치추정이 가능하기 때문에 차량용 및 개인 휴대용에 많이 이용될 것으로 예상된다.

GPS 안테나는 적어도 4개 이상의 GPS 위성신호를 수신하여야 정확한 위치추정이 가능하기 때문에 충분히 넓은 빔폭 특성을 가져야 한다. 선박용의 경우에는 선박의 피칭과 로울링을 고려해야 하므로 180°이상의 빔폭을 요구하기도 한다. 한편, 도심 및 산악지역과 같은 주변 지

\*동아대학교 전자공학과

접수 일자 : 2005. 8. 30      수정 완료 : 2005. 10. 21

논문 번호 : 2005-3-10

※본 논문은 2002학년도 정보통신부 IT학과 장비지원사업의 동아대학교 대응자금에 의해 연구되었음

형에 의해 4개 이상의 위성신호를 확보하기 어려운 경우에는 빔폭을 넓히거나 유사 대역의 러시아 위치정보 시스템인 GLONASS(Global Navigation Satellite System) 신호를 동시에 수신하도록 설계하기도 한다. 그러나 지면 반사 혹은 안테나 주변 구조체로부터의 반사에 의한 다중경로 신호로 인해 위치 오차를 야기하므로 다중경로에 의한 위치오차를 줄이도록 설계해야 한다[2-3].

GPS 수신용 안테나는 주로 모노폴, 헬리컬, 마이크로스트립 패치 구조 등을 사용하지만 차량용 혹은 개인휴대용으로는 소형화, 경량화가 용이한 마이크로스트립 패치 안테나를 사용한다. 마이크로스트립 안테나는 얇고 가벼우며 소형으로 제작이 용이한 특성을 가지고 있다. 하지만 안테나가 파장에 비해 작아질수록 안테나 이득과 효율은 저하되며, 안테나의 입력저항은 매우 작아지고 리액턴스는 커져서 대역폭이 좁아지며 임피던스 정합도 어려운 단점이 있다. 마이크로스트립 안테나의 소형화 기법으로는 유전율이 큰 유전체 기판을 사용하거나, 패치면에 슬릿을 삽입하여 등가적으로 전기적인 길이를 증가하거나, 접지도체의 형상을 변형하거나, 단락핀 혹은 단락면을 삽입하는 방법으로 구현할 수 있다[4-5]. 대부분의 상용 GPS 안테나는 유전율이 큰 세라믹 유전체를 사용하며, 대략 20mm×20mm 이하의 크기를 갖는다. 여기서는 내장성을 고려하여 추가적인 소형화 기법을 적용하여 안테나 크기를 15mm×15mm 이하로 낮추고자 한다.

마이크로스트립 안테나의 원형분극 특성은 패치면상에 크기가 같고 위상이 90° 차이가 나는 두 개의 직교모드를 여기하여 구한다. 구현 방식에는 급전구조에 전력분배기를 사용하는 이중급전 방식과 전력분배기를 사용하지 않고 단일급전으로 구현하는 방식이 있다. 이중급전의 경우에는 급전구조에 전력분배기를 사용하여 90° 위상차가 나도록 하거나 두 개의 급전선로의 길이가 1/4파장 차이가 나도록 하여 구현할 수 있고, 단일 급전의 경우에는 정사각형 패치면의 대각선 방향의 양 모서리에 삼각형으로 잘라 섭동을 부여하거나, 정사각형 패치면의 가장자리에 길이가 서로 다른 슬롯을 삽입하거나, 패치면의 길이를 약간 달리 하거나, 패치면에 슬릿 혹은 튜닝 스테브를 두는 방식으로 구현한다. 급전방식에는 선로 급전, 프루브 급전, 개구면 결합 급전, 근접 결합 급전 등이 있다. 여기서는 상대적으로 넓은 대역폭을 얻을 수 있는 개구면 결합 급전 구조를 사용한다[6-8].

본 논문에서는 L1대역의 GPS 수신용 안테나의 소형화에 대해 연구한다. 원형분극 특성은 정사각형 패치면의 대각선 양끝 모서리를 삼각형으로 자른 섭동구조를 적용하고, 소형화 기법은 패치면의 네 변에 일정한 길이의 슬릿을 삽입하여 전기적인 길이를 증가하는 방식을 적용하며, 급전구조는 접지도체에 십자형 개구면 결합 단일 급전 구조를 적용한다. 본 논문에서 언급한 구조에 대한 패치면적의 감소효과를 확인하고, 상용 GPS 세라믹 안테나에 적용하여 소형화 효과를 확인하고자 한다.

## II. 패치 안테나의 소형화

일반적으로 마이크로스트립 패치 안테나는 반파장 크기를 이용하며, 사각형 패치는 기본 공진모드 TM<sub>01</sub> 혹은 TM<sub>10</sub> 모드에서 동작한다. 이때 사각형 패치 안테나의 공진주파수는 근사적으로 아래와 같이 표현한다[8].

$$f \cong \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}}$$

여기서  $c$ 는 빛의 속도,  $L$ 은 패치 안테나의 길이,  $\epsilon_r$ 은 유전체 기판의 비유전율이다. 이때 패치의 크기는  $\sqrt{\epsilon_r}$ 에 반비례하므로 기판의 비유전율이 증가하면 패치의 크기를 줄일 수 있다.

패치의 크기를 줄이는 또 다른 방법으로 그림 1과 같이 안테나의 복사패치면상에 슬릿을 삽입하여 표면전류의 경로를 등가적으로 증가시켜 패치 안테나의 공진주파수를 낮추는 것이다. 이는 그림 1(a)에 비해 패치 면에 슬릿을 삽입한 그림 1(b)의 경우, 표면전류의 이동 경로가 증가하기 때문이다. 즉, 패치면에 슬릿을 삽입함으로써 패치의 크기가 전기적으로 커지게 되며, 패치 안테나의 공진주파수가 낮아지게 된다. 이를 이용하면 패치면에 슬릿을 삽입한 패치의 크기를 줄여서 동일한 주파수에서 공진이 발생하도록 할 수 있다. 즉, 패치 면에 슬릿을 삽입하면 패치의 크기를 줄이더라도 동일한 공진주파수를 얻을 수 있음을 의미한다. 표면전류의 경로를 증가하는 방법으로는 패치의 비 복사경계를 따라 얇은 슬릿을 삽입하는 대신 삼각형 노치를 삽입하거나 패치 면에 슬롯을 삽입하기도 한다.

그림 2는 본 논문에서 개구면 결합 RHCP 안테나에 소형화 기법을 적용할 GPS 안테나 구조이다.

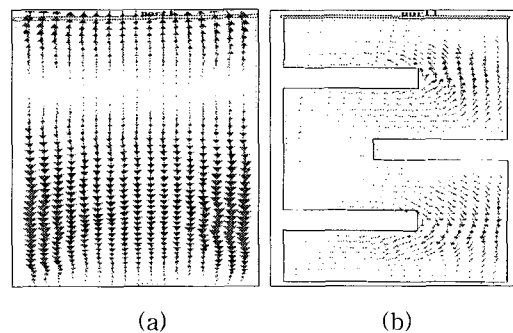


그림 1. (a) 슬릿이 없는 경우, (b) 슬릿이 있는 경우, 패치면상의 표면전류 경로  
Fig. 1. Surface currents flow (a) without slit, and (b) with slits

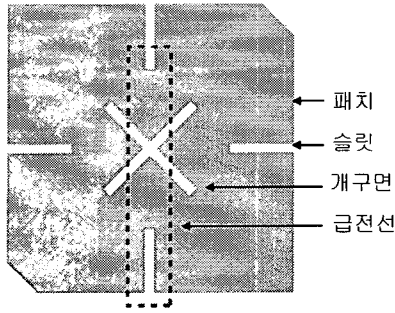


그림 2. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나 구조  
Fig. 2. Aperture-coupled compact RHCP antenna

### III. 결과 및 고찰

본 논문에서 사용한 기판은 비유전율이 2.5, 두께가 62mil, 손실탄젠트가 0.0017인 유전체 기판을 사용하였고, 개구면 결합 구조에는 위의 기판을 적층하여 설계하였다. 안테나는 Ansoft designer로 설계하였고, 반사손실은 HP8510C Network analyzer로 측정하였다.

#### 1. 프루브 급전 안테나

먼저, 공진주파수가 1.575GHz인 프루브 급전 GPS용 RHCP 안테나를 설계하였다. 그림 3은 모서리 섭동 프루브 단일급전 RHCP 안테나로서 패치크기는 59.2mm×59.2mm, 모서리 섭동 길이는 4.54mm, 급전점은 (1.5, -12)mm이다. 그림 4는 반사손실의 설계치와 측정치로서 비교적 일치된 결과를 보여주고 있다. 표 1은 프루브 급전 RHCP 패치 안테나의 성능을 정리한 것으로 설계치를 기준으로 공진주파수는 1.575GHz이고, -10dB 대역폭은 27MHz, 축비는 중심주파수에서 0.58dB, 3dB 축비 대역폭은 14MHz, -10dB 대역폭은 27MHz이다.

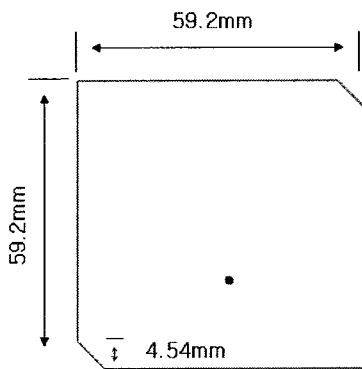


그림 3. 모서리 섭동 프루브 급전 RHCP 안테나  
Fig. 3. Probe-fed RHCP antenna with corner truncations

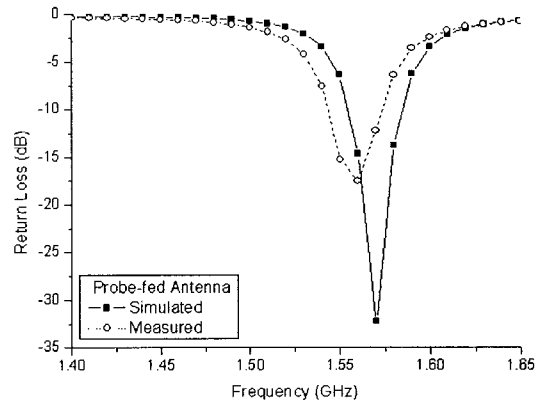


그림 4. 프루브 급전 RHCP 안테나의 반사손실  
Fig. 4. Return loss of probe-fed RHCP antenna

표 1. 프루브 급전 RHCP 안테나의 특성  
Table 1. Simulated and measured results of probe-fed RHCP antenna

항 목	해석치 (측정치)
공진주파수, $f_c$	1.575GHz (1.556GHz)
VSWR	1.06 (1.239)
축비	0.58dB @ $f_c$
3dB축비대역폭	14MHz, 1.569~1.583GHz
-10dB 대역폭	27 MHz (29MHz), 1.561~1.588GHz (1.544~1.573GHz)

#### 2. 개구면 결합 안테나(슬릿이 없는 경우)

RHCP 안테나에 II장에서 설명한 소형화 기법을 쉽게 적용하기 위해 그림 3의 RHCP 안테나의 급전구조를 개구면 결합 구조로 변형하였다. 소형화 기법을 적용하기에 앞서 개구면 결합 RHCP 안테나를 설계하였다. 그림 5는 개구면 결합 RHCP 안테나의 구조로서, 복사패치는 프루브 급전 안테나의 패치크기 59.2mm×59.2mm와 모서리 섭동 길이 4.54mm를 그대로 사용하였다. 급전구조는 구조적인 대칭성을 고려하여 십자형 개구면을 사용하였다.

그림 6은 개구면 폭을 1mm로 고정하고, 개구면 길이에 따른 개구면 결합 RHCP 안테나의 반사손실 특성을 구한 것이다. 개구면 길이가 증가할수록 안테나의 중심주파수는 낮아지고 있음을 보여 준다. 이는 개구면 길이가 증가할수록 패치의 길이가 등가적으로 증가하기 때문이다. 해석결과에 의하면, 개구면 길이가 18.8mm에서 최적의 반사손실 특성을 얻을 수 있었다. 최종 개구면 결합 RHCP 안테나의 중심주파수는 1.51GHz이고, -10dB 대역폭은 25MHz, 중심주파수에서의 축비는 0.41dB, 정재파비는 1.32 이다.

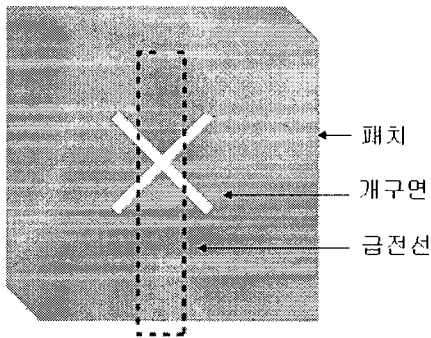


그림 5. 개구면 결합 RHCP 안테나  
Fig. 5. Aperture-coupled RHCP antenna

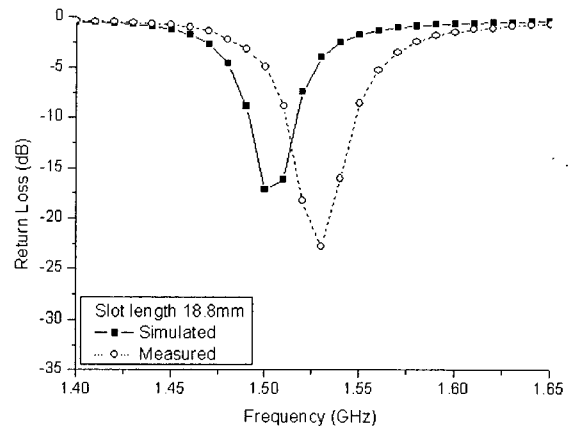


그림 7. 개구면 결합 RHCP 안테나의 반사손실  
Fig. 7. Simulated and measured return loss of aperture-coupled antenna

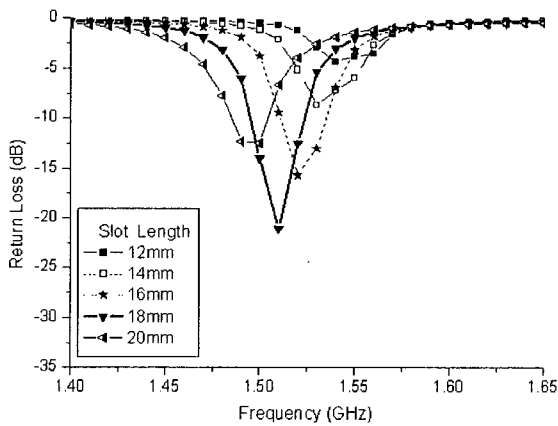


그림 6. 개구면 길이에 따른 개구면 결합 패치 안테나의 반사손실(개구면 폭 1mm)  
Fig. 6. Return loss as a function of aperture length with aperture width of 1mm

표 2. 개구면 폭과 길이에 따른 안테나 특성  
Table 2. Antenna characteristics as a function of aperture width and length

폭 \ 길이	대역폭	축비	VSWR
폭 1mm, 길이 18.8mm	25 MHz	0.41	1.32
폭 2mm, 길이 15.0mm	26 MHz	0.33	1.25

표 2는 개구면의 폭과 길이에 따른 안테나 특성을 비교한 것이다. 개구면의 폭이 넓으면 개구면의 길이를 줄여야 유사한 안테나 특성을 얻을 수 있음을 보여준다. 그림 7은 개구면 결합 RHCP 안테나의 반사손실에 대한 설계치와 측정치를 비교한 것으로 프루브 급전 RHCP 안테나에 비해 공진주파수가 낮아진 것은 점지도체에 형성된 개구면에 의해 등가적으로 전기적인 길이가 증가한 결과로 보인다. 표 3은 개구면 결합 RHCP 안테나의 특성을 정리한 것이다.

표 3. 개구면 결합 RHCP 안테나의 특성  
Table 3. Simulated and measured results of aperture coupled RHCP antenna

항 목	해석치 (측정치)
공진주파수, $f_c$	1.51GHz (1.53GHz)
VSWR	1.32 (1.046)
축비	0.58dB @ $f_c$
3dB축비대역폭	13MHz, 1.505~1.518GHz
-10dB 대역폭	25MHz (35MHz), 1.497~1.522GHz (1.512~1.547GHz)

### 3. 개구면 결합 안테나(슬릿이 있는 경우)

마지막으로 그림 5의 개구면 결합 RHCP 안테나를 소형화하고자 한다. 그림 8은 그림 5의 개구면 결합 RHCP 안테나 구조에서 패치면상의 네 패치변의 중심에 일정한 길이의 슬릿을 삽입한 경우이다.

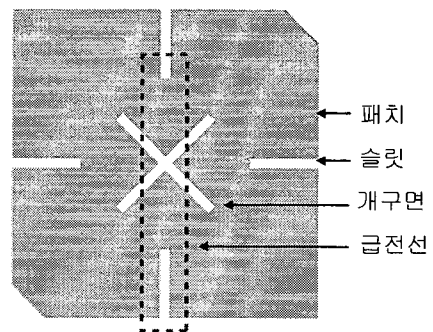


그림 8. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나  
Fig. 8. Apertured-coupled compact RHCP antenna

그림 9는 슬릿 길이에 따른 안테나의 반사손실 특성변화를 보여준다. 폭이 1mm인 슬릿 길이를 14mm까지 증가하면서 반사손실을 구하였다. 슬릿이 길어짐에 따라 공진주파수가 1.51GHz에서 1.29GHz로 낮아졌고, 슬릿 길이 14mm인 경우, 슬릿이 없을 때보다 공진주파수가 약 220MHz 낮아졌다. 슬릿 길이가 14mm 이상인 경우에는 안테나 특성이 좋지 않아 슬릿 길이를 13mm로 정하였다.

그림 10은 슬릿 길이를 13mm로 고정한 상태에서 패치 크기 감소에 따른 반사손실을 구한 것이다. 패치 크기를 59.4mm에서 44.8mm로 감소한 결과 공진주파수는 1.29GHz에서 1.54GHz로 증가하였다. 이때 패치가 작아질수록 전기적인 길이의 변화율이 점점 커지기 때문에 공진주파수 증가율은 더욱 커짐을 알 수 있었다. 마지막으로 패치 크기 44.8mm에서 GPS 안테나의 사양을 만족하는 공진주파수, -10dB 대역폭, 공진주파수에서의 축비, 그리고 3dB 축비대역폭 특성을 얻기 위해 섭동길이, 슬릿 길이 및 개구면 길이를 조절하였고, 임피던스 정합을 위해 급전선로 상의 스텐브 길이를 조절하였다. 표 4는 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 최종 설계 결과이다.

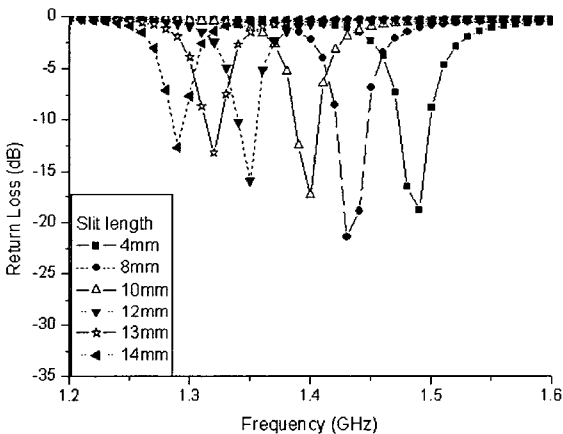


그림 9. 슬릿 길이에 따른 소형 RHCP 안테나의 반사손실

Fig. 9. Return loss of compact RHCP antenna as a function of slit length

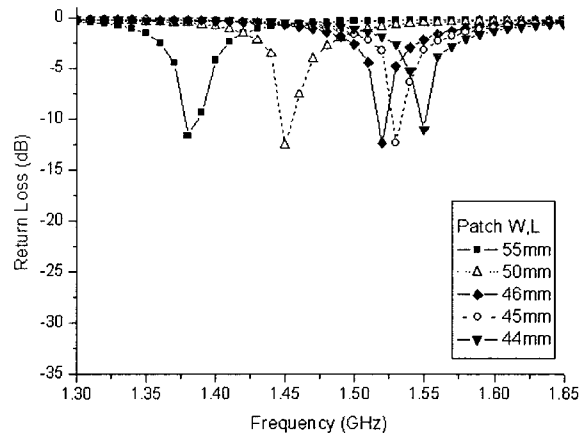


그림 10. 패치 크기에 따른 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 반사손실

Fig. 10. Return loss of compact RHCP antenna as a function of patch size

표 4. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 설계치  
Table 4. Design values of compact RHCP antenna

항 목	설계치
패치크기	44.8mm×44.8mm
개구면	폭 1mm, 길이 14.8mm
슬릿	폭 1mm, 길이 13.2mm
스텐브	폭 4.57mm, 길이 25mm
섭동길이	3mm

그림 11은 표 4의 값으로 제작한 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 사진이고, 그림 12와 13은 안테나의 반사손실 특성을 그린 것이다. 소형 RHCP 안테나의 반사손실을 측정된 결과, 공진주파수는 1.575GHz, -10dB 대역폭은 19MHz(1.566~1.585GHz)로서 GPS 안테나 사양을 만족함을 알 수 있다. -10dB 대역폭은 소형화로 인해 56% 감소하였다. 그림 14의 축비 해석결과는 공진주파수에서 축비 1.64dB, 3dB 축비대역폭 8MHz로 축비대역폭은 38.5% 감소하였다. 결론적으로 소형화로 인해 대역폭은 감소하지만 GPS 안테나 사양은 만족하면서 패치 크기를 42.7% 줄일 수 있었다. 그림 15의 안테나 복사패턴은  $\phi=0^\circ$ 면과  $\phi=90^\circ$ 면 복사패턴이 동일한 특성을 보이고 있다. 표 5는 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 성능을 정리한 것이다.

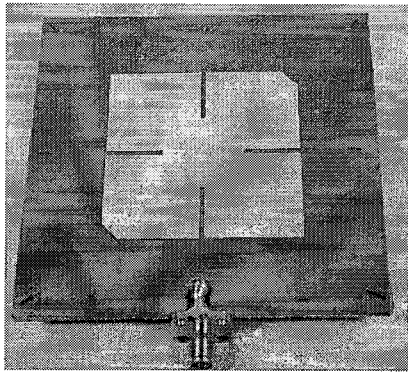


그림 11. 제작한 개구면 결합 소형 RHCP 안테나  
Fig. 11. Manufactured compact RHCP antenna

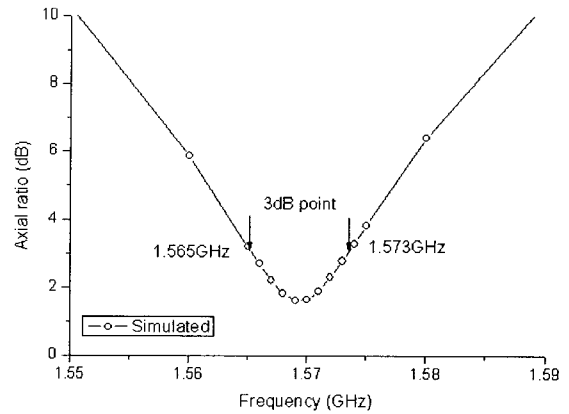


그림 14. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 축비  
Fig. 14. Simulated AR of compact RHCP antenna

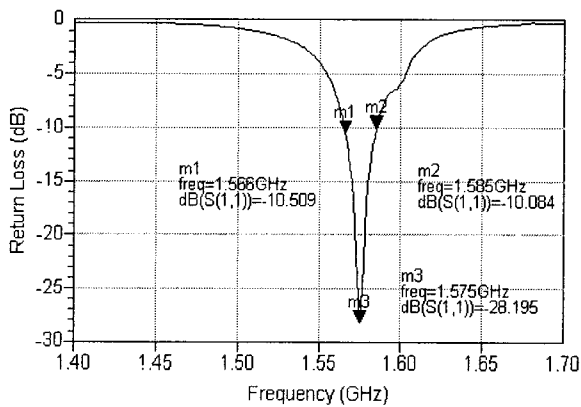
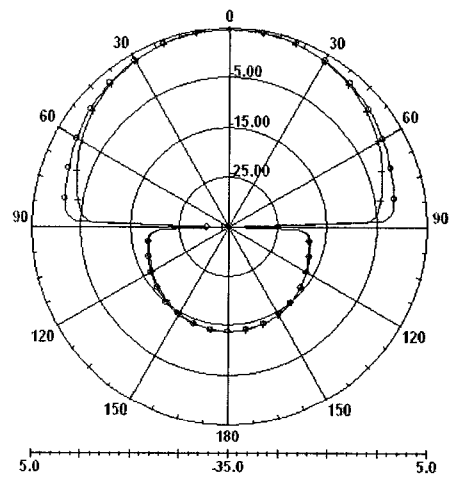


그림 12. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 반사손실  
Fig. 12. Measured return loss of compact RHCP antenna



( -o- :  $\phi=0^\circ$ , --+ :  $\phi=90^\circ$  )  
그림 15. 개구면 결합 소형 안테나의 복사패턴  
Fig. 15. Radiation pattern of compact antenna

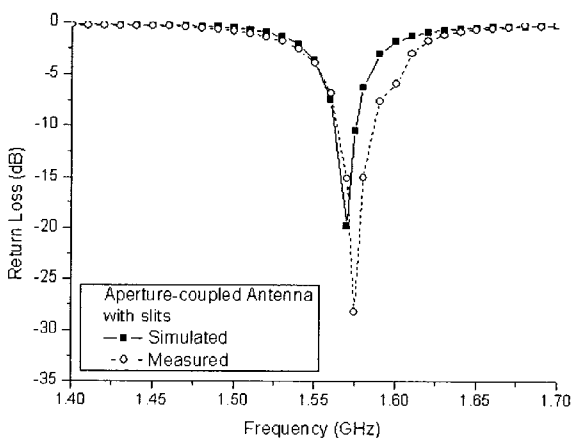


그림 13. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 반사손실  
Fig. 13. Simulated and measured return loss of compact RHCP antenna

표 5. 개구면 결합 소형 RHCP 안테나의 특성  
Table 5. Simulated and measured results of compact RHCP antenna

항 목	해석치 (측정치)
공진주파수, $f_c$	1.57GHz (1.575GHz)
VSWR	1.23 (1.081)
축비	1.64dB @ $f_c$
3dB축비대역폭	8MHz, 1.565~1.573GHz
-10dB 대역폭	11MHz (19MHz), 1.564~1.575GHz (1.566~1.585GHz)

### 3.4 상용 안테나의 소형화

이제 본 논문의 구조를 상용 GPS 안테나의 기판사양에 적용하여 상용 안테나의 패치크기를 줄이고자 한다. 상용 안테나의 기판은 비유전율이 21, 두께가 3mm인 은도

금 도체를 사용하였다[9]. 상용 안테나는 소형화를 위해 비교적 높은 비유전율(21)을 사용하였고, 프루브 단일 급진구조와 near square 패치 구조(19.62mm×19.94mm)를 적용하여 중심주파수가 1.575GHz, 중심주파수에서의 축비가 2.84dB, 3dB 축비대역폭이 3MHz, -10dB 대역폭이 14MHz 이다. 그림 16은 상용 안테나에 본 논문의 구조를 적용하여 구한 반사손실 설계치와 비교한 것이고, 그림 17은 제안 안테나와 상용 안테나의 축비 특성을 계산한 것이다. 공진주파수와 3dB 축비 대역폭은 거의 일치한 결과를 보이고 있으며, -10dB 대역폭은 상용 안테나 보다 56% 감소한 6MHz 정도이다.

표 6과 7은 상용 안테나와 본 논문구조로 설계한 안테나의 설계값과 성능을 정리한 것이다. 표 6으로부터 알 수 있듯이 높은 유전율의 세라믹을 사용하여 소형화한 상용 안테나에 간단한 구조의 슬릿을 삽입함으로써 패치 크기를 추가적으로 42.9% 줄일 수가 있었다.

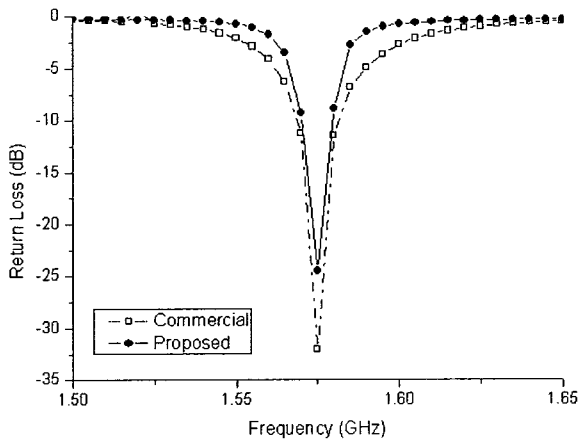


그림 16. 제안 안테나와 상용 안테나의 반사손실  
Fig. 16. Return loss of proposed and commercial antenna

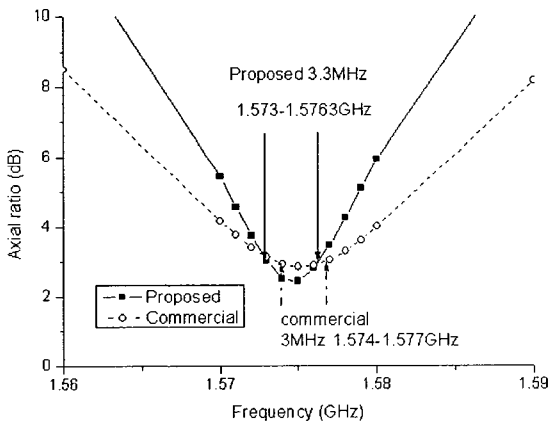


그림 17. 제안 안테나와 상용 안테나의 축비 특성  
Fig. 17. AR of proposed and commercial antenna

표 6. 소형화된 상용 안테나의 설계치  
Table 6. Design values of compact commercial antenna

항 목	설계치
패치크기	14.4mm×14.4mm
개구면	폭 1mm, 길이 8.8mm
슬릿	폭 1mm, 길이 5.6mm
스터브	폭 1.23mm, 길이 10mm
섭동길이	0.8mm

표 7. 제안 안테나와 상용 안테나 해석치  
Table 7. Simulated results of proposed and commercial antennas

항 목	상용 안테나[9]	제안 안테나
공진주파수, fc	1.575GHz	1.575GHz
VSWR	1.5	1.17
축비	2.84dB @ fc	2.07dB @ fc
3dB축비대역폭	3 MHz	3.3 MHz
-10dB 대역폭	14 MHz	8 MHz

#### IV. 결 론

본 논문에서는 GPS 수신용 RHCP 안테나의 소형화에 대해 살펴보았다. 안테나의 소형화는 패치면에 네 번에 슬릿을 삽입하여 구현하였고, 원형분극 특성은 패치면의 대각선 모서리에 삼각형 섭동을 부여하여 구현하였다. 급진구조는 십자형 개구면 결합 구조를 적용하였다. 소형화한 RHCP 안테나의 패치크기는 44.8mm×44.8mm로 소형화 이전에 비해 약 42.7% 줄일 수 있었다. -10dB 대역폭과 3dB 축비 대역폭은 소형화로 인해 각각 38.5%와 56% 감소하여 11MHz와 8MHz로 줄었다. 그리고 본 논문의 구조를 상용 GPS 안테나 사양에 적용한 경우에도 패치면적을 42.9% 감소시킬 수 있었고, 반면 -10dB 대역폭은 56% 감소한 6MHz로 좁게 나타났다. 그러므로 기존의 상용 GPS 안테나는 비슷한 특성을 유지하면서 상용 안테나 크기를 추가적으로 줄일 수 있었다. 추후 안테나 소형화로 인한 대역폭 감소 현상을 해결 방안을 연구하고, GPS 안테나 설계에서 다중경로에 의한 위치오차를 줄이고 음영지역에서 정확한 위치추정을 할 수 있는 GPS 안테나의 복사패턴에 대한 연구를 하고자 한다.

#### 참 고 문 헌

[1] 방상원, 정병운, 이학용, 박면주, 이병제, "GPS/PCS 단말기용 3-Finger형 내장형 안테나 설계," 한국전자과학기술학회논문지, 제16권, 제1호, pp.1-8, 2005.  
 [2] C.C. Counselman, "Multipath Rejecting GPS Antennas," Proc. of IEEE, Vol.87, No.1, pp.86-91, Jan. 1999.  
 [3] 문진섭, 이택경, "세라믹 유전체를 이용한 소형 GPS/GLONASS 패치 안테나," 한국전자과학기술학회논문지, 제

- 12권, 제2호, pp.217-226, 2001.
- [4] Kin-Lu Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, John Wiley & Sons, 2002.
- [5] 우종명, "소형안테나 기술동향," *한국전자과학회지*, 제 16권, 제2호, 2005.
- [6] J.S. Kuo and K.L. Wong, "A Compact Microstrip Antenna with Meandering Slots in the Grounded Plane," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, 29, pp.95-97, 2001.
- [7] K.L. Wong and J.Y. Wu, "Single-fed small circularly polarized square microstrip antenna," *Electronics Lett.*, 33, pp.1833-1834, 1997.
- [8] R.Garg, P.Bhartia, I.Bahl, and A.Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.
- [9] *KFC-SG-04-02-02\_R0*, Korea First Microwave Co. Ltd.



**박 병 우**(Byung-Woo Park)

2005년 2월 동아대 전자공학과(공학사)  
2005년 2월~현재 동아대 전자공학과 석사과정  
관심분야 : 적응배열 안테나



**정 봉 식**(Bong-Sik Jeong)

1987년 2월 경북대 전자공학과(공학사)  
1990년 2월, 1995년 2월 KAIST 전기및 전자공학과 (공학석사, 공학박사)  
1995년 1월~1997년 2월 LG전자 선임연구원

1997년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 부교수  
관심분야 : 초고주파회로설계, 안테나설계