

# 휴대단말기 내장형 GPS 안테나

## Internal GPS Antenna for Mobile Phone

황 재 호\*

Jae-Ho Hwang\*

### 요 약

본 논문에서는 휴대단말기 내장형 GPS(Global Positioning System) 안테나를 설계 제작하였다. 안테나를 소형화하는 방법으로 비유전율이 높은 유전체 기판( $\epsilon_r=90$ )과 작은 접지면( $13 \times 13$  mm)을 사용하였다. 또한 안테나의 수신이득 증대를 위하여 증폭회로가 포함된 능동형으로 구성했다. 제작된 안테나의 특성을 측정 한 결과, 안테나의 최대이득은 약 12 dBi, 축비는 3 dB 이하이며 증폭회로의 소비전류는 4 mA 이하이다.

### Abstract

In this paper, an internal GPS antenna for mobile phones is designed and fabricated. For the miniaturization of the antenna, high permittivity dielectric substrate( $\epsilon_r=90$ ) and small ground plane ( $13 \text{ mm} \times 13 \text{ mm}$ ) are used. To increase the receive gain, the antenna is composed with LNA(Low Noise Amplifier). Results of the manufactured antenna( $13 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ ) show that the maximum antenna gain is about 12 dBi, the axial ratio is less than 3 dB, and the current consumption of LNA is less than 4 mA.

Key words : GPS, microstrip patch antenna, circular polarization, LNA.

### I. 서 론

최근 이동 통신의 발전과 더불어 단말기의 발전 또한 급격히 변화하고 있다. 특히 단순히 통화의 수단으로 사용되어진 휴대폰의 경우 그 용도가 다양해지고 있으며, 개인의 위치정보 서비스에 대한 요구가 높아지고 있어 그에 대응되는 시스템의 개발이 활발해지고 있다.

현재 많은 분야에서 고정밀도의 위치정보를 표시하는데 있어 이용되는 대표적인 시스템으로는 GPS(Global Positioning System)를 들 수 있다. GPS는 고도 약 2만 km에 배치되어 약 12시간 지구상을 주

회하는 총 24기의 위성을 이용하며, 위성에서 보내오는 항법 신호에는 두 가지 주파수가 사용되어 1575.42 MHz에서는 군사용 신호 「P코드」와 민간에게 공개된 신호 「C/A코드」가, 또 1227.60 MHz에서는 P코드가 송신되고 있다[1]. 이중 민간에게 공개된 신호에는 고의로 정밀도를 떨어뜨리는 SA(선택적 이용성)를 부가하여 사용에 불편함이 있었으나 최근 SA가 폐지됨에 따라 보다 많은 사용이 예측되어진다.

본 연구는 이와 같은 GPS 수신기를 휴대폰에 내장시킴으로 사용자로 하여금 보다 정확한 위치정보 서비스를 제공함을 목적으로 하고 있다.

GPS의 수신기능을 휴대폰에 내장하기 위해서는

\* 경주대학교 컴퓨터전자공학부(School of Computer & Electronic Engineering, Kyongju University)

· 논문번호 : 2002-8-3

· 접수일자 : 2002년 7월 10일

(1) GPS 수신회로의 실장면적 축소, (2) GPS 수신 안테나의 소형화, (3) 소비전력의 절감, (4) 부품 경비의 삭감 등의 과제가 해결되어야 한다.

GPS 수신회로의 경우 one-chip화 기술의 발전에 힘입어 내장이 어렵지 않은 크기까지 소형화가 진행되어 있으나, 안테나의 경우 휴대폰과 같은 작은 기구에 내장하기엔 많은 어려움이 있다. GPS 수신용 안테나로는 대량생산이 용이한 패치형[2],[3]이 가장 많이 사용되며, 현재 자동차용으로 사용되고 있는 패치형(20 mm×20 mm)이 대표적이다.

본 연구는 이와 같은 안테나를 소형화하는 방법으로 고유전율( $\epsilon_r=90$ )의 세라믹 기판상에 패치를 구성하며, 접지면의 면적을 축소시킴으로써 휴대폰에 내장 가능한 안테나를 제공한다. 물론, 유전율이 높은 유전체를 사용한 안테나의 경우 이득과 대역폭이 감소한다는 문제점이 있으나[4]~[6], GPS의 경우 수신신호의 대역폭이 좁고, 이득의 저하 또한 적절한 증폭회로를 구성함으로써 GPS 신호의 수신이 충분히 가능한 안테나를 구성할 수 있다.

## II. 원편파용 소형 패치 안테나의 구성

### 2-1 원편파용 패치 안테나

GPS 수신에 일반적으로 사용되는 안테나로는 유전체 기판 위에 도체막을 인쇄하여 구성된 패치 안테나를 들 수 있다.

패치의 형상으로는 방형(길이=0.5 파장)과 원형(직경=0.59파장)이 있으며 이들 패치 안테나의 모서리(edge)부분이 동 위상의 슬롯(slot)안테나 역할을 하여 기판의 수직인 방향으로 방사(放射)한다.

그림 1은 방형 패치 안테나의 구조와 좌표계를 나타내고 있다. 패치 안테나의 소형화 방법으로는 주로 기판으로 사용되는 유전체의 비유전율을 높이는 방법이 사용되고 있으나, 안테나가 소형화됨에 따른 전류밀도의 증가는 도체 손실을 증가시켜 안테나 효율을 저하시킬 수 있다. 따라서 이와 같은 방법으로 안테나를 소형화함에 있어서는 기판으로 사용되는 유전체의 특성(온도, 손실)과 패치 부분에 사용되는 도체의 특성을 충분히 고려해야 한다.

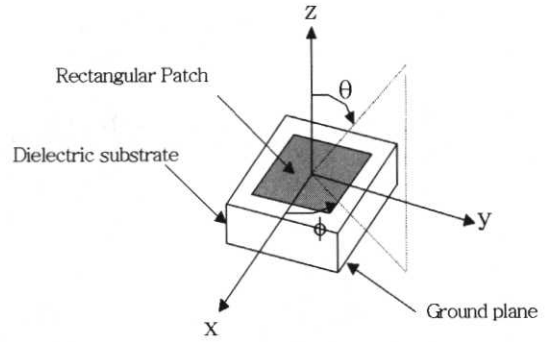


그림 1. 방형 패치 안테나

Fig. 1. Rectangular patch antenna.

### 2-2 패치 안테나의 소형화

그림 2는 기판으로 사용되는 유전체의 비유전율에 따른 안테나의 축소율[7] 계산한 결과를 나타내고 있다. 유전체 기판의 크기는 12 mm×12 mm×4 mm, 접지면의 크기는 13 mm×13 mm이며, 패치의 크기는 9 mm×9 mm로 한다. 단, 수치계산의 간략화를 위해 패치의 도체손실과 유전체의 손실은 무시한다. 또한 안테나의 축소율은 기판의 비유전율,  $\epsilon_r=1$ 일 때의 공진 주파수( $f_0$ )의 대비로 나타낸다. 결과로부터 1575.42 MHz 대의 GPS 신호를 수신하기 위해서는  $\epsilon_r=90$  정도인 유전체 기판이 요구됨을 알 수 있다.

한편 위성에서 송신되는 GPS신호는 원편파

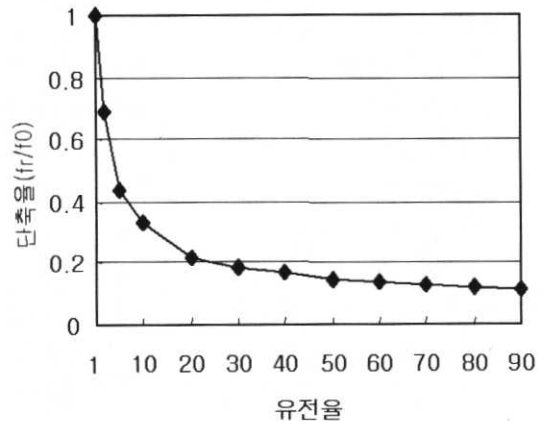


그림 2. 안테나의 축소율

Fig. 2. Miniaturization rate.

(RHCP)로 되어 있으므로 이를 최대이득으로 수신하려면 원편파용 안테나가 필요하다.

이와 같은 원편파를 구현하려면 서로 직교되는 성분이 90°의 위상차를 갖도록 급전하면 된다.

그림 3은 방형 패치 안테나의 모서리(Δs) 두개를 잘라냄으로서 직교되는 2개의 모드가 분리되도록 하는 원편파용 안테나를 나타내고 있다. 유전체 기판의 크기는 12 mm×12 mm×4 mm이며, 비유전율이 약 90 정도인 세라믹(BaO-Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>계)을 사용한다. 이때 패치의 크기는 1575.42 MHz에서 공진되도록 9 mm×9 mm로 구성한다.

표 1은 일반적인 GPS 안테나의 규격을 나타내고 있으며, 본 소형 안테나의 평가기준으로 삼는다.

패치 안테나의 안테나이득에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있으나, 그 중 안테나의 소형화에 관계되는 것으로는 기판의 면적과 두께를 들 수 있다.

그림 4는 패치 안테나의 면적과 두께에 따른 이득 특성을 나타내고 있다. (a)는 주로 자동차용으로 사용되는 패치 안테나로서 기판의 비유전율이 약

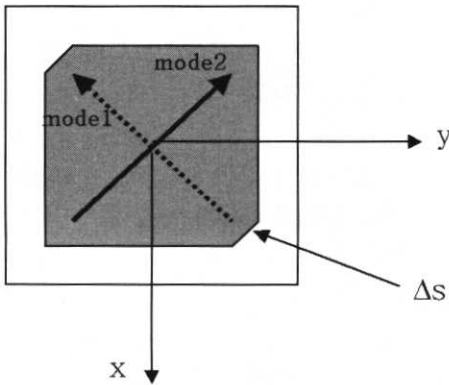


그림 3. 원편파 패치의 구조  
Fig. 3. Structure of circular polarization patch.

표 1. GPS안테나의 규격  
Table1. Specification of GPS antenna.

주파수 범위	1575.42±1 MHz	
편파	원편파 ( RHCP )	
VSWR	1.5 : 1 이하	중심주파수
안테나이득	-5 dBi 이상	$\theta = 0^\circ$
축비	3 dB 이하	$\theta = 0^\circ$

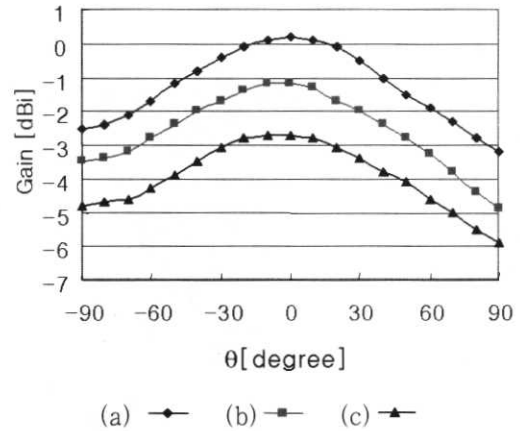


그림 4. 안테나 크기에 따른 이득  
Fig. 4. Gain for antenna size.

20, 크기가 20 mm×20 mm×4 mm이며 (b)와(c)는 기판의 비유전율이 약 90, 크기가 12 mm×12 mm이며 두께가 각각 6 mm, 4 mm이다. 각 패치면은 xy평면과 일치하며  $\varphi=90^\circ$  일 때의  $\theta$ 방향 성분을 측정된 결과이다. 측정에 사용된 각 안테나는 증폭 회로를 포함하지 않는 수동형(passive type)이며 사용주파수는 1575.42 MHz이다.

위의 결과를 보면, 패치 안테나의 면적이 0.36 배로 줄어들에 따라 안테나의 이득은 1~3 dB 감소됨을 알 수 있으며, 또한 기판의 두께가 얇아질수록 이득이 저하됨을 알 수 있다.

그러나 (c)와 같은 크기의 패치 안테나를 사용하더라도 최대이득이 -3 dBi 이상이므로 적합한 증폭 회로를 구성하면 GPS 신호의 수신에 충분히 가능함을 예측할 수 있다.

### III. 능동형 안테나(Active Antenna)의 구성

제작한 소형 패치 안테나의 경우, 최대이득이 약 -3 dBi 정도로 GPS 안테나의 안테나이득 규격을 만족하고 있다. 그러나 지상에서 수신되는 GPS 신호는 잡음레벨 정도의 미약한 신호이므로 증폭회로를 통한 이득 증대가 필요하다. 증폭회로의 구성에 있어 안테나 급전선의 손실은 수신시스템 특성에 직접적인 영향을 미치게 되므로 증폭회로를 안테나부

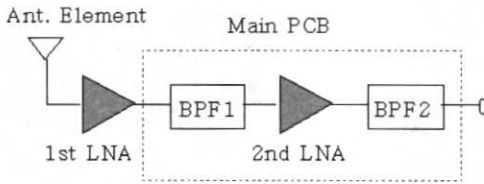


그림 5. GPS 수신신호의 증폭  
Fig. 5. Amplification of GPS signal.

에 밀착시키는 방법을 고려한다.

그림 5는 본 안테나에 적용한 증폭회로를 나타내고 있다. 증폭회로부는 2단으로 구성되어 있으며 각 증폭단 사이에는 대역통과 필터를 삽입하였다.

안테나 급전에 사용되는 급전선의 손실은 수신시스템의 noise figure에 직접적인 영향을 줌으로 가능한 한 증폭회로를 안테나 급전부에 밀착시킬 필요가 있다. 그러나 본 안테나의 경우, 2단의 증폭회로를 안테나 하단부에 직접 부착하기엔 안테나 소자가 너무 작고 발진 등의 문제가 예상되므로 각 증폭단을 분리하여 구성하였다.

안테나 소자 하단에 장착한 1st LNA(Low Noise Amplifier)는 low noise figure 특성의 HEMT (High Electron Mobility Transistor)를 사용하였으며, 대역통과필터(BPF)를 포함한 2nd LNA는 단말기의 main PCB에 구성했다. 한편, 단말기에 있어서도 실장면적을 줄일 수 있도록 SAW(Surface Acoustic Wave)형태의 BPF를 사용하였다.

표 2~4는 제작한 패치 안테나의 안테나 소자 특성, LNA특성과 이들을 합쳐서 구성된 안테나의 전체특성을 각각 측정한 결과이다.

표 2. 안테나 소자특성

Table 2. Antenna element characteristic.

	측정치	단위	비고
중심주파수	1575.42	MHz	
편파	RHCP		
임피던스	50	$\Omega$	중심주파수
VSWR	2.0		중심주파수
안테나이득	-3	dBi	$\theta = 0^\circ$
축비	3~5	dB	$\theta = 0^\circ$

표 3. LNA(1st LNA+connection cable)특성

Table 3. LNA(1st LNA+connection cable) characteristic.

	측정치	단위	비고
중심주파수	1575.42	MHz	
이득	15	dB	중심주파수
Noise Figure	1.2	dB	중심주파수
동작전압	3	V	

표 4. 전체 특성

Table 4. Total performance.

	측정치	단위	비고
이득	12	dBi	$\theta = 0^\circ$
	9.5	dBi	$\theta = 80^\circ$
임피던스	50	$\Omega$	중심주파수
VSWR	2.0		중심주파수
소비전류	4	mA	

#### IV. 실장 및 측정

##### 4-1 안테나의 실장 특성

그림 6은 제작한 GPS안테나를 나타내고 있으며, 이와 같은 GPS안테나를 휴대단말기에 내장함에 있어서의 실장 위치는 위치정보 서비스의 용도에 밀접한 관계가 있다. 특히 긴급 시에 자신의 위치를 알리는 서비스에 있어서는 통화 중에도 위치정보를 검출해야 하므로 안테나를 휴대폰의 상부에 내장함이 바람직하다.

그림 7은 19 mm × 40 mm × 100 mm(W×L×H)의 휴대폰 기구에 제작한 GPS 안테나를 내장하여 측정된 안테나의 방사특성을 나타내고 있다. (a)는 증폭부가 포함되지 않은 수동형의 경우이고, (b)는 1st LNA가 포함된 능동형의 경우이다.

약 15 dB 이득을 갖는 LNA로 구성된 능동형 안테나 이득은 최대 12 dB로 향상되었으며,  $\theta = 0^\circ$  일 때의  $\theta$ 방향 특성을 볼 때 기구에 부착된 셀룰러용 안테나 등의 영향이 있음을 알 수 있다.

원편파 안테나에 있어서 편파 특성은 축비(axial ratio)로 평가할 수 있다. 그림 8은 기구에 내장된 GPS 안테나의 축비를 측정한 결과이다.  $\theta = 90^\circ$ 의

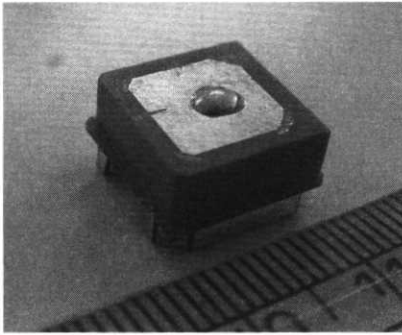


그림 6. 제작된 GPS안테나

Fig. 6. Configuration of GPS antenna.

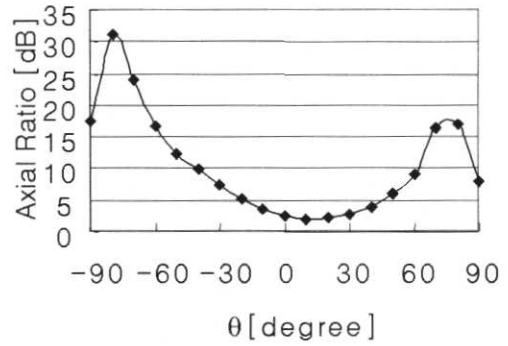


그림 8. 축비 측정결과

Fig. 8. Measured axial ratio.

이하로 나타나 가장 좋은 원편파 특성을 갖고 있다.

#### 4-2 안테나 특성 세부조정 (Tuning)

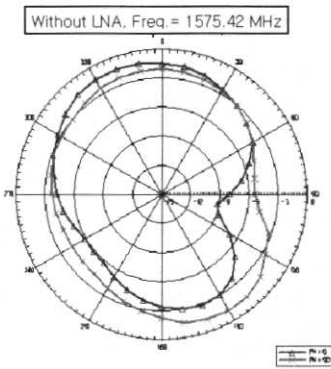
안테나를 사용함에 있어 주변환경은 안테나 특성에 크고 작은 영향을 미칠 수 있다. 특히 근접장의 경우 정확한 분석이 어려워진다. 따라서 내장형 안테나의 경우 안테나를 둘러싸고 있는 기구의 구조 및 재질특성까지 고려한 안테나의 설계 또는 제작이 바람직하다 할 수 있다. 더욱이 휴대단말기의 경우 머리, 손 등의 인체 영향도 무시할 수 없는 요인이 된다.

본 연구에서 제시한 소형 패치는 대역이 협소하여 주변요인에 따른 중심주파수의 천이와 입력임피던스의 변화가 나타나며 이는 안테나의 수신성능을 저하시키는 원인이 된다. 따라서 본 절에서는 각 주변 상태에서 안테나의 특성을 비교하고 그 결과를 바탕으로 안테나특성의 세부조절을 수행한다.

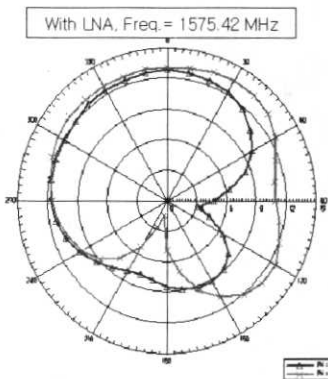
표 5는 GPS 안테나가 내장된 기구 및 그 기구를 손으로 잡았을 때의 중심주파수,  $f_0$ 와 입력임피던스,  $Z_{in}$ 를 측정할 결과를 나타내고 있으며, 안테나 특성의 세부조정 수행한 결과도 나타내고 있다.

위의 결과를 살펴보면 기구와 손의 영향은 중심주파수( $f_0$ )를 낮은 대역으로 천이시킴을 알 수 있다.

이와 같은 경우 유전체 표면에 형성된 금속패치의 면적을 감소시키게 되면 중심주파수가 높아지게 되어 원하는 중심주파수(1575.42 MHz)와 입력임피던스특성을 얻을 수 있다.



(a) 수동형 안테나 이득  
(a) Gain of passive type antenna



(b) 능동형(LNA 포함) 안테나 이득  
(b) Gain of active type antenna

그림 7. 방사 패턴 측정

Fig. 7. Measured radiation pattern.

경우,  $\theta = 0 \sim 30^\circ$  구간(통화시의 위성방향)에서 3 dB

표 5. 상태에 따른 특성

Table 5. Characteristics with used conditions.

상 태	$f_0$ [MHz]	$Z_{in}$ [ $\Omega$ ]
안테나 소자	1575	44.9~j3.8
안테나 소자 + 기구	1569	48.5~j10.9
안테나 소자 + 기구 + 인체 (손)	1568	36.3~j16.1
세부조정 후(after tuning)	1575	49.4~j15.3

## V. 결 론

본 논문에서는 휴대단말기의 사용자로 하여금 보다 정확한 위치정보 서비스를 받을 수 있도록 GPS 수신안테나를 휴대단말기에 내장 가능한 형태로 설계 제작하여 그 특성을 분석하고 실용 가능성을 검토하였다.

안테나의 형태는 원편파(RHCP) 수신에 적합한 패치형으로 하였으며, 이득 증대를 위하여 증폭회로가 포함된 능동형으로 구성했다. 또한, 안테나를 소형화하는 방법으로는 비유전율이 약 90 정도인 세라믹 기판(12 mm × 12 mm × 4 mm)을 사용하였으며, 최종적으로 증폭회로의 일부를 포함한 13 mm × 13 mm × 7 mm의 GPS 안테나를 제작하였다.

제작한 안테나의 특성은 최대이득이 12 dBi 이상, 3 dB 이하의 축비를 가지고 있으며 증폭 회로부의 소비전류는 4 mA 이하이다.

한편, 안테나를 기구에 내장함에 있어 문제가 되는 단말기구 및 인체의 영향을 고려하여 적절한 세부조절을 수행하였다.

실제 GPS수신기가 탑재된 cdma2000단말기에 본 안테나를 적용해본 결과 두 안테나간의 isolation이 충분하여 통화 중에도 GPS수신이 가능함을 확인해 볼 수 있었다.

## 감사의 글

본 안테나 제작에 협력해준 (주)미쯔미사에 깊은 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. D. Kaplan, *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House, 1996.
- [2] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip antenna technology", *IEEE Trans. Antenna & Propagat.*, vol. AP-29, pp. 2-24, Jan. 1981.
- [3] M. D. Deshpande and N. K. Das, "Rectangular microstrip antenna for circular polarization", *IEEE Trans. Antenna & Propagat.*, vol. AP-34, pp.744-746, May 1986.
- [4] 羽石, 小形, 平面안테나, (日)電子情報通信學會編.
- [5] I. J. Bahl, *Microstrip Antennas*, Artech House, 1982.
- [6] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas, IEE Electromagnetic Wave Series*, vol. 28, 1989.
- [7] J. H. Hwang and K. Sawaya, "Radiation characteristics of dipole antenna on dielectric substrate", *IEICE General Conference*, B-1-90, 1997.

## 황 재 호(黃載皓)



1987년 2월 : 광운대학교 (공학사)  
 1992년 8월 : 한양대학교 (공학석사)  
 1998년 3월 : 일본 동북대학교 (공학박사)  
 1997년 5월~1998년 4월 : 일본 동북대학교 조수  
 1998년 5월~2000년 1월 :일본 (주) Tokin 연구원

2000년 1월~2001년 8월 : 삼성전자 책임연구원

2001년 9월~현재 : 경주대학교 컴퓨터전자공학부 전임 강사

관심분야 : 안테나 해석 및 설계, RF수동소자, 전자장 수치해석