

# 원형 편파를 가지는 GPS 수신용 소형 4중 Inverted-F 안테나 연구

## Compact Quadruple Inverted-F Antenna(QIFA) with Circular Polarization for GPS Receiver

손왕익 · 임원규 · 정원석 · 유종원

Wang-Ik Son · Won-Gyu Lim · Won-Seok Jeong · Jong-Won Yu

### 요 약

본 논문에서는 원형 편파를 가지는 GPS 수신용 소형 4중 Inverted-F 안테나(QIFA)를 제안한다. 소형화된 4-포트 안테나의 효율이 감소하는 문제를 해결하기 위하여 포트에서의 반사 계수와 포트 간의 상호 결합을 함께 고려하는 새로운 정합 방법을 이론적 해석을 통해 제안하고, 모의 실험을 통해 입증한다. 제안하는 QIFA는 120° 이상의 3-dB 빔 폭을 가지며, 15 dB 이상의 전후전계비 특성을 보인다. 또한, 제안하는 QIFA는 10×10×12 mm<sup>3</sup>에서 -2.5 dBic의 최대 이득과 0.5 dB 이하의 축비를 가진다.

### Abstract

Compact quadruple inverted-f antenna(QIFA) with circular polarization for GPS receiver is proposed. Radiation efficiency is decreased when 4-port antenna is smaller. A new matching method is proposed by considering both a return loss at one port and mutual coupling between ports to increase radiation efficiency. Experimental results show that the proposed QIFA has a 3-dB beamwidth of more than 120 degrees and a front-to-back ratio of more than 15 dB. Also, the QIFA has the peak gain of -2.5 dBic and the axial ratio under 0.5 dB.

Key words : Inverted-F Antenna(IFA), 4-Port Antenna Matching, Circular Polarization, GPS Antenna, Quadruple Inverted-F Antenna(QIFA)

### I. 서 론

GPS(Global Positioning System) 기술은 최근 각종 이동형, 고정형 복합단말기의 핵심 기능으로 자리잡을 만큼 기술적 성장을 이루었다. 특히, 위치 추적이 가능하다는 기술의 특성상 이동형 복합단말기로의 기술 영역 확장이 꾸준하게 진행되고 있다. 그러나 이동형 복합단말기에 더욱 많은 기술이 복합되고, 단말기의 크기가 줄어들어 따라서 GPS 기술 역시 모듈과 안테나의 소형화 등의 해결해야 할 문제점들을 가지고 있다.

GPS 시스템에서 안테나가 위성으로부터 고품질의 신호를 수신하기 위해서는 여러 가지 요건을 만족해야 한다. 우선 상반구에 분포하는 위성 가운데, 최대한 많은 수의 위성으로부터 신호를 수신하기 위해서 RHCP의 원형 편파와 넓은 빔 폭의 방사 패턴이 요구되며, 일반적으로 3-dB 방사 폭(3-dB beam-width)이 120° 이상은 되어야 한다. 그리고 넓은 원편파 방사 패턴이 요구되는데, 이는 모서리나 벽의 옆면에서 반사되어 입력되는 반대 편파 신호나 불필요한 잡음을 차단하기 위하여 필요한 특성으로, 일반적으로 3-dB 원편파 방사 폭(3-dB CP beam-width)이

한국과학기술원 전기 및 전자공학과(Department of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology(KAIST))

· 논문 번호 : 20081128-02S

· 수정완료일자 : 2008년 11월 19일

120° 이상은 되어야 한다. 또한, 바닥에서 반사되어 들어오는 반대 편파 신호나 불필요한 잡음을 차단하기 위하여 15 dB 이상의 전후 전계비(front-to-back ratio)를 필요로 한다<sup>[1],[2]</sup>. 추가적으로 앞에서 언급한 요건에 더하여 이동형 복합단말기의 내장형 안테나로 사용되기 위하여 작은 크기, 가벼운 무게, 낮은 가격이라는 추가적인 요건들도 만족할 수 있어야 한다. 문헌상으로는 현재 세라믹 패치(ceramic patch) 안테나나 Quadrifilar Helix Antenna(QHA)와 같은 원형 편파 안테나를 위의 요건에 만족시켜 GPS에 적용하는 연구가 활발하게 진행 중이다<sup>[3]~[6]</sup>.

본 논문에서는, 이동형 복합단말기에 적용 가능한 새로운 종류의 GPS 수신용 소형 Quadruple Inverted-F Antenna(QIFA)를 제안한다. 기존의 QHA와 같은 4-포트 안테나에서 소형화됨에 따라서 방사 소자(helix)간의 거리가 가까워지고, 각 포트 사이에 상호 결합이 발생하기 때문에 방사 효율이 감소한다. 이러한 특성을 가지는 4-포트 안테나는 1-포트 안테나에서처럼 각 포트에서의 반사 계수만 조정해서는 방사 효율을 개선시킬 수 없다. 본 논문에서는 이론적인 접근을 통해 소형화된 4-포트 안테나의 방사 효율을 증가시키기 위해 각 포트에서의 반사 계수와 포트 간의 상호 결합을 함께 고려한다. 4-포트 안테나의 정합 방법으로 4개의 Inverted-F 안테나 구조를 제안하고, 모의 실험을 통해서 제시한 이론을 검증한다. 또한, 제안한 정합 방법을 이용하여 소형화된 GPS 수신용 안테나를 제안한다.

## II. 소형 4중 Inverted-F 원형 편파 안테나 (QIFA) 설계

### 2-1 소형화된 4-포트 안테나의 정합

이동형 복합단말기의 크기가 점차 작아짐에 따라서 내장되는 안테나의 크기 역시 작아지고 있는 추세이다. 안테나는 특성상 소형화됨에 따라서 방사 유효 면적이 작아지고, 내부에서 저장되거나 손실되는 에너지가 발생하기 때문에 근본적으로 방사 효율이 낮아지게 된다. 또한, 안테나가 작아지면서 임피던스 정합이 효과적으로 이루어지지 않기 때문에 방사 효율이 더욱 낮아지게 된다. 특히, QHA와 같이

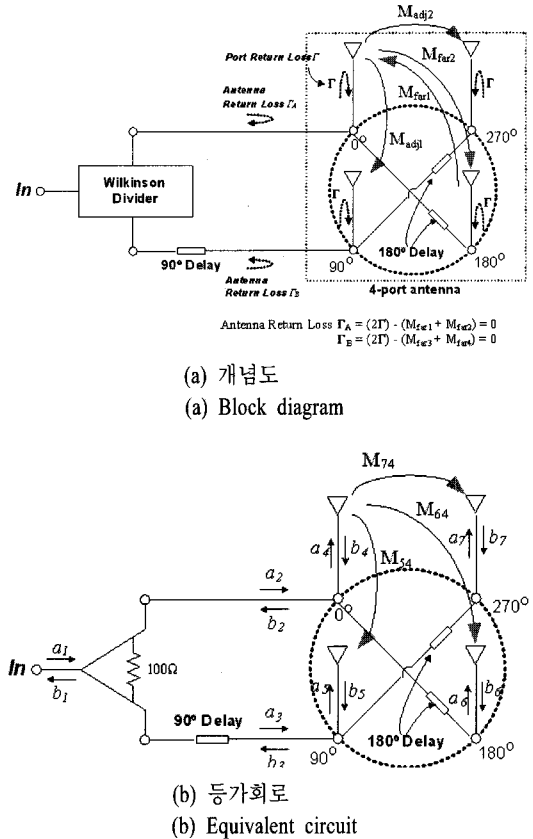


그림 1. 급전 구조와 연결된 4-포트 안테나 QIFA  
Fig. 1. 4-port antenna connected by feed network.

4-포트를 가지는 안테나는 정합 방법이 더욱 까다로워지게 된다. 본 절에서는 이론적인 접근을 통하여 4-포트 안테나의 정합 방법을 제시한다.

그림 1(a)는 제안된 안테나의 급전 구조와 4-포트 안테나의 연결 관계를 나타낸 개념도이다. 급전 구조는 4-포트에 동일 크기이면서 90°의 위상 차이를 순차적으로 가지는 네 개의 신호를 공급해 주는 회로이며, Wilkinson 전력 분배기, 한 개의 90° 선로와 두 개의 180° 선로로 구성된다. 각 포트에서  $\Gamma$ 의 반사 계수를 지니며, 가까운 포트 간의 상호 결합은  $M_{adj}$ , 먼 포트 간의 상호 결합은  $M_{far}$ 로 표현한다. 이때, 4-포트 안테나에서의 등가 반사 계수는 각각  $\Gamma_A$ ,  $\Gamma_B$ 로 나타낸다. 그림 1(b)의 등가회로에서 4-포트 사이의 상관 관계를 반사 계수와 상호 결합을 이용하여 식 (1)과 같은 산란 계수(scattering matrix)로 나타낼 수 있다.

여기서,  $a_n$ 과  $b_n$ 은 그림 1(b)에 나타난 것과 같이  $n$ 번째 포트에서의 입사파와 반사파를 나타낸다. 그림 1(b)에서 볼 때,  $180^\circ$ 의 위상 차이를 갖는 두 포트는 급전 구조의 특성상  $180^\circ$  선로에 의해서 전기적으로 연결되어 있기 때문에 2, 3번 포트에서 4-포트 안테나의 입사파와 반사파를 관찰할 수 있다. 이제 식 (1)의 산란 계수를 활용하여 2, 3번 포트의 입사파와 반사파의 관계를 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma & M_{45} & M_{46} & M_{47} \\ M_{54} & \Gamma & M_{56} & M_{57} \\ M_{64} & M_{65} & \Gamma & M_{67} \\ M_{74} & M_{75} & M_{76} & \Gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 2\Gamma - M_{64} - M_{46} & M_{45} - M_{65} + M_{67} - M_{47} \\ M_{54} - M_{74} + M_{76} - M_{56} & 2\Gamma - M_{75} - M_{57} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

이미 언급하였듯이  $b_2, b_3$ 가 4-포트 안테나로부터 반사되어 나오는 신호이며, 이들 신호와 전체 안테나 구조의 입력 신호인  $a_1$ 과의 관계를 도출함으로써, 제안한 4-포트 안테나의 정합 조건을 찾을 수 있다. Wilkinson 전력 분배기와  $90^\circ$  선로를 통하여  $a_1$ 과  $b_2, b_3$ 의 관계식은 식 (3)으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} b_2 &= \frac{1}{2} [(2\Gamma - M_{64} - M_{46}) + j(M_{45} - M_{65} + M_{67} - M_{46})] a_1 \\ b_3 &= \frac{1}{2} [(M_{54} - M_{74} + M_{76} - M_{56}) + j(2\Gamma - M_{75} - M_{57})] a_1 \end{aligned} \quad (3)$$

또한, 식 (3)을 통해서 등가 반사 계수인  $\Gamma_A, \Gamma_B$ 를 식 (4)로 표현이 가능하다.

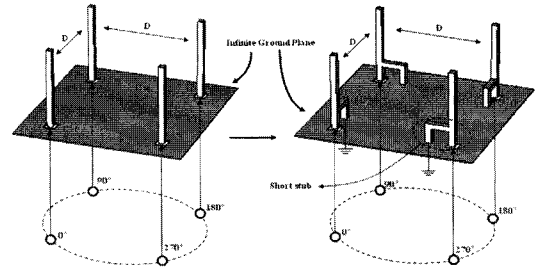
$$\begin{aligned} \Gamma_A &= \frac{1}{2} [(2\Gamma - M_{64} - M_{46}) + j(M_{45} - M_{65} + M_{67} - M_{46})] \\ \Gamma_B &= \frac{1}{2} [(M_{54} - M_{74} + M_{76} - M_{56}) + j(2\Gamma - M_{75} - M_{57})] \end{aligned} \quad (4)$$

4-포트 안테나가 정합이 되는 조건은  $\Gamma_A, \Gamma_B$ 가 0이 될 경우이며, 이 때, 식 (4)에서 조건을 유도해 보면 식 (5), (6)과 같다.

$$\begin{aligned} M_{45} &= M_{65}, & M_{67} &= M_{47} \\ M_{54} &= M_{74}, & M_{76} &= M_{56} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} 2\Gamma &= M_{64} + M_{46} \\ 2\Gamma &= M_{75} + M_{57} \end{aligned} \quad (6)$$

최종적으로 정합 조건을 따져보면 식 (5)이 성립



(a) 모노폴 안테나 (b) 제안한 short stub가 연결된 4개의 모노폴 안테나  
(a) Monopole antenna (b) Monopole antenna connected by proposed short stub

그림 2. 4개의 모노폴 안테나를 이용한 4-포트 안테나 모델

Fig. 2. Model of the 4-port antenna using four monopole antennas.

하기 위해서는 네 개의 내부 안테나 간의 간격이 동일해야 하며, 이는 네 개의 내부 안테나가 대칭 구조를 이뤄야 한다는 것을 의미한다. 네 개의 내부 안테나가 대칭 구조일 경우 내부 안테나 간의 상호 결합은 식 (7)로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} M_{45} &= M_{54} = M_{56} = M_{65} = M_{67} \\ &= M_{76} = M_{74} = M_{47} = M_{adj} \\ M_{46} &= M_{64} = M_{57} = M_{75} = M_{far} \end{aligned} \quad (7)$$

이제 식 (7)을 식 (6)에 적용하여 정합 조건을 찾으면, 식 (8)과 같다.

$$\Gamma = M_{far} \quad (8)$$

본 논문에서는 이론적인 접근을 통하여 4-포트 안테나의 정합 방법을 제안하였다. 4-포트 안테나에서는 1-포트 안테나에서처럼 포트에서의 반사 계수만 조정해서는 정합을 효과적으로 할 수 없으며, 각 포트에서의 반사 계수와 포트 간의 상호 결합을 함께 고려해야 정합을 할 수 있다는 것을 식 (7)을 통해서 확인할 수 있다. 4-포트 안테나에서는 4-포트가 대칭 구조를 이루어야 하며, 각 포트에서의 반사 계수와  $180^\circ$  위상 차이를 가지는 두 포트 간의 상호 결합 계수가 동일할 경우 정합된다는 것을 확인할 수 있다. 본 논문에서는 제시한 새로운 정합 방법을 활용하여 소형 4-포트 안테나를 설계하였다.

## 2-2 제안된 소형 4-포트 안테나 설계

2-1절에서 이론적인 절차를 통하여 구해진 정합 방법으로 안테나를 설계하기 위하여, 그림 2(a)와 같이 무한 그라운드 상황에서 4개의 모노폴 안테나를 이용한 4-포트 안테나 모델을 정립하였다. 3D 시뮬레이터를 이용한 모의 실험을 통해 포트 간의 거리 ( $D$ )를 변화시켜가면서 각 포트에서의 반사 계수,  $180^\circ$  위상 차이의 포트 사이의 상호 결합과 4-포트 안테나의 방사 효율의 관계를 살펴볼 수 있으며, 결과는 표 1과 같다.

표 1에서 포트 거리( $D$ )가 80 mm일 경우, 반사 계수( $\Gamma$ )와 상호 결합 계수( $M_{far}$ )이 크기와 위상에서 서로 비슷한 값을 가지기 때문에 정합이 잘 되어 방사 효율이 약 95 %로 방사를 잘 하고 있다. 이렇게 안테나의 크기가 클 경우에는  $M_{far}$  자체가 상당히 작기 때문에 각 포트에서의 정합만 잘 해 주면 식 (7)을 만족하게 된다. 그러나  $D$ 가 10 mm로 작아지게 되면,  $\Gamma$ 와  $M_{far}$ 이 크기에서는  $-5.27$  dB와  $-8.64$  dB로 비슷하나, 위상이  $155.9^\circ$ 와  $-37.29^\circ$ 로 크게 달라지는 것을 확인할 수 있고, 이때 방사 효율이 11.4 %로 크게 낮아진다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 포트 간의 거리가 작아질 경우 발생하는  $\Gamma$ 와  $M_{far}$ 의 위상 차이를 보정해 주기 위해서 그림 2(b)와 같이 각 포트의 모노폴 안테나에서 그라운드로 연결되는 short-stub를 도입하였다. Short-stub를 도입한 결과 표 1에서 확인할 수 있듯이  $\Gamma$ 와  $M_{far}$ 의 크기는  $153.7^\circ$ 와  $-29.5^\circ$ 에서  $121.5^\circ$ 와  $125.4^\circ$ 로 보정됨을 알 수 있으며, 이 때, 효율은 11.4 %에서 87.4 %로 개선됨을 알 수 있다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 소형 QIFA(Quadruple Inverted-F Antenna)의 구조이다. 그라운드 평면은 FR4 기판(두께: 0.8 mm, 유전율: 4.6, 크기:

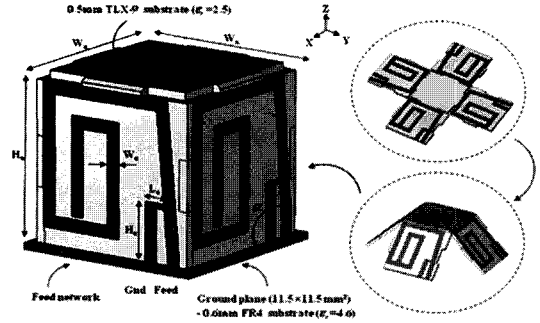


그림 3. 제안한 소형 4중 Inverted-F 안테나의 구조  
Fig. 3. Geometry of the proposed compact Quadruple Inverted-F Antenna(QIFA).

$11.0 \times 11.0 \times 0.8 \text{ mm}^3$ )으로 이루어져 있다. 그라운드 평면 내부에는 2-1절에 설명된 급전 구조가 마이크로 스트립 선로로 형성되어 있는데, 크기를 최소화하기 위하여 다층 구조로 형성되어 있다.

본 논문에서 제안하는 QIFA의 특징은 기존의 QHA와는 다르게 원기둥 형태가 아니라 정육면체 형태라는 것이며, 정육각형의 각 면은 서로 끼지를 통하여 고정된다. 비록 모양이 원형이 아니라 사각형이라도, QIFA의 특성상 대칭 구조인 상태에서 급전 구조에서 인가되는 네 개의 신호들의 크기가 같고, 위상 차이가  $90^\circ$ 로 유지된다면, 원형 편파는 형성될 수 있다. 제안하는 QIFA의 크기는 폭( $W_x$ )이 10 mm, 높이( $H_x$ )는 12 mm로 기존의 QHA<sup>[3],[4]</sup>에 비하여 소형화되었음을 알 수 있다. 본 절의 상단부에 설명한 short-stub가 모노폴 안테나에 도입되며, 공간의 제약으로 인하여 모노폴 안테나를 접음으로 인하여 각 포트에는 Inverted-F 안테나가 연결된다. 각 Inverted-F 안테나는 TLX-9 기판(두께: 0.5 mm, 유전율: 2.5)에 에칭을 통해서 형성되며, 제안하는 정육

표 1. 각 포트에서의 반사 계수,  $M_{far}$ 와 4-포트 안테나의 방사 효율의 관계

Table 1. Relation between reflection coefficient at each port,  $M_{far}$ , radiation efficiency of 4-port antenna.

안테나 구조		그림 2(a)					그림 2(b)
$D(\text{mm})$		80	60	40	20	10	10
Magnitude (dB)	$\Gamma$	-23.48	-17.45	-6.75	-5.27	-10.63	-7.46
	$M_{far}$	-22.41	-20.13	-10.55	-8.64	-15.05	-5.53
Phase (degree)	$\Gamma$	-136.2	-145.3	150.2	155.9	153.7	121.5
	$M_{far}$	-144.1	-130.2	-58.8	-37.2	-29.5	125.4
Radiation eff.(%)		95.8	90.3	82.2	40.6	11.4	87.4

표 2. Short-stub 높이 변화에 따른 반사 계수,  $M_{far}$ 과 4-포트 안테나의 방사 효율의 관계

Table 2. Relation between reflection coefficient,  $M_{far}$ , radiation efficiency of 4-port antenna by variation of  $H_e$ .

		Quadruple Inverted-F Antenna						
$H_e$ (mm)		3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8
Magnitude (dB)	$\Gamma$	-3.62	-3.91	-4.48	-4.92	-5.74	-6.25	-10.86
	$M_{far}$	-8.97	-8.56	-7.71	-7.19	-6.27	-5.76	-3.16
Phase (degree)	$\Gamma$	158.6	158.3	155.6	154.7	154.2	152.3	143.1
	$M_{far}$	164.2	160.6	160.8	158.8	155.7	155.1	150.2
Radiation eff.(%)		33.3	34.2	35.1	36.1	40.5	38.4	33.2

면체 구조의 옆면에 구성된다. GPS 대역에서 공진하기 위해서 각 Inverted-F 안테나의 길이는 43 mm, 폭 ( $W_e$ )은 0.7 mm, pitch angle ( $\alpha$ )은 80°로 설계되었다. 그림 3에서 제안한 QIFA를 정합하기 위해서 short-stub를 도입하였는데, 이때, 정합을 최적화시키기 위하여 3D 시뮬레이터를 이용한 모의 실험을 통해 short-stub의 높이( $H_e$ )를 변화시켜가면서  $\Gamma$ ,  $M_{far}$ 와 QIFA의 방사 효율의 관계를 살펴보았다. 표 2를 보면, 위상을 맞춰 주기 위한 short-stub가 도입되었기 때문에 표 1의 결과와 비교하여  $\Gamma$ 와  $M_{far}$ 의 위상이  $H_e$ 의 변화에 둔감하게 비슷한 값을 유지한다는 것을 알 수 있다. 이 때,  $\Gamma$ 와  $M_{far}$ 의 크기 차이는  $H_e$ 의 변화에 따라 소폭의 변화를 보인다. 최종적으로  $H_e$ 가 4.2 mm일 때, 크기와 위상 차이가 가장 적게 형성되어 제안된 안테나가 40.5 %의 효율로, 소형화되었음에도 불구하고 효율이 개선되었음을 확인할 수 있다. 최종적으로 제작된 안테나에서 각 내부 안테나의 입력 임피던스를 측정된 결과는 그림 4에서 확인할 수 있고, 88.4+j37 Ω와 같다. 여기서 각 내부 안테나의 입력 임피던스에 여전히 허수 부분이 존재하고 있음에도 전체 안테나의 정합이 잘 된다는 사실을 주의 깊게 볼 필요가 있다.

본 논문에서는 2-1절에서 제안된 4-포트 안테나의 정합 방법에 따라서 그림 3의 QIFA를 제안하였다. 본 절의 안테나 설계 과정은 소형 안테나의 경우 단순히 각 포트에서의 반사 계수만으로는 정합이 안 된다는 것을 보여주고 있으며, 포트 간의 상호결합을 반사 계수와 함께 고려하여야 정합이 이루어짐을 잘 보여주고 있다.

### III. 측정 결과

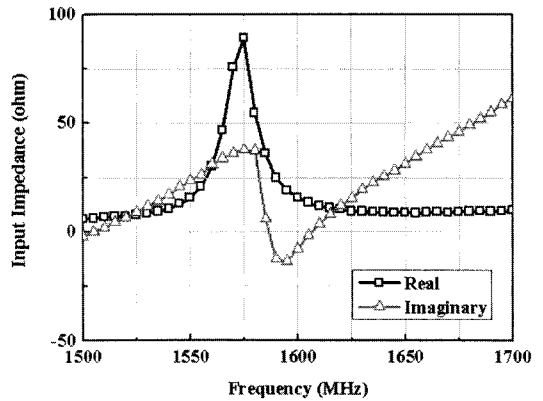


그림 4. 측정된 QIFA의 입력 임피던스  
Fig. 4. Measured input impedance of the QIFA.

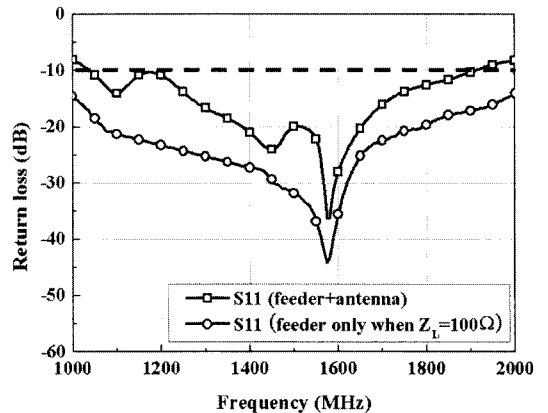


그림 5. 제안한 QIFA와 급전 구조의 반사 계수  
Fig. 5. Reflection coefficient of the proposed QIFA and feed network.

그림 5에서 제안한 QIFA와 피더의 반사 계수를 측정된 결과를 볼 수 있다. 안테나의 반사 계수에서 약 700 MHz의 광대역한 임피던스 대역폭 특성을 관

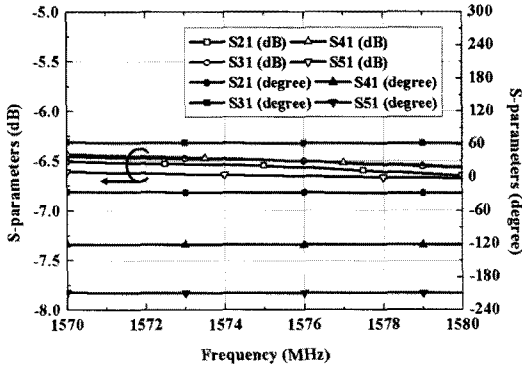


그림 6. 제작된 급전 구조의 특성  
Fig. 6. Measured results of the feed network.

찰할 수 있는데, 이는 급전 구조의 광대역 특성에서 기인한 것이다. 급전 구조는 다층 구조로 제작되었으며, 특성은 그림 6과 같이 측정되었다. GPS 대역 내에서 네 개의 신호가 약 6.5 dB로 동일한 크기를 가지며, 90° 위상 차이를 보임을 확인할 수 있다.

제안된 안테나의 far-field 특성 역시 공인된 챔버에서 측정되었다. 그림 7은 제안한 안테나의 1.575 GHz에서의 방사 패턴이다. X-Z, Y-Z 두 평면의 방사 패턴에서 3-dB 빔 폭이 약 130°이므로 상반구에 위치한 다수의 위성으로부터 신호를 충분히 넓게 받아들일 수가 있다. 또한, 전후전계비 역시 약 15 dB로 측정되어 바닥에서 반사되어 들어오는 반대 편파 신호나 불필요한 잡음을 효과적으로 차단할 수 있다. 그림 8에서는 제안한 안테나의 이득과 축비 특성을 볼 수 있다. 이득 특성을 보면 GPS  $L_1$  주파수 대역 (1,563.42~1,587.42 MHz)이 3-dB 이득 대역폭(약 100 MHz) 안에 충분히 들어오기 때문에 제안한 안테나가 안정적인 이득 특성을 제공할 수 있음을 알 수 있고, 최대 이득은 1.575 GHz에서 -2.5 dBic이다. 또한, 축비 특성을 보면 GPS  $L_1$  주파수 전 대역에서 0.5 dB 이하의 축비를 가지기 때문에, 뛰어난 원형 편파 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

한편, 제안한 QIFA로 실제 GPS 위성으로부터 신호를 수신할 수 있는지 검증하기 위하여 상용화되고 있는 GPS 모듈을 활용하여 필드 테스트를 시행하였다. 테스트 결과, 그림 10에서 보듯이 상반구 위에 8 개의 위성으로부터 신호를 수신하는 것을 확인할 수 있다. 이 때, 그림의 중심점이 측정 위치의 천정을,

외곽의 원은 지평선을 나타내는데, 제안한 안테나로 수신할 수 있는 위성이 그림 10의 중심부터 외곽까지 고르게 분포하며, 이는 안테나의 넓은 빔 폭의 방사 패턴에 기인하는 것이다. 그림 11은 각 위성으로부터 수신되는 신호의 C/N을 측정된 것인데, 대부분의 위성으로부터 40 dB 이상의 C/N을 가지는 신호를 수신하고 있다. 일반적으로 40 dB 이상의 C/N을 가지는 신호를 3개 이상의 위성을 받아야 위치 인식이 가능하다.

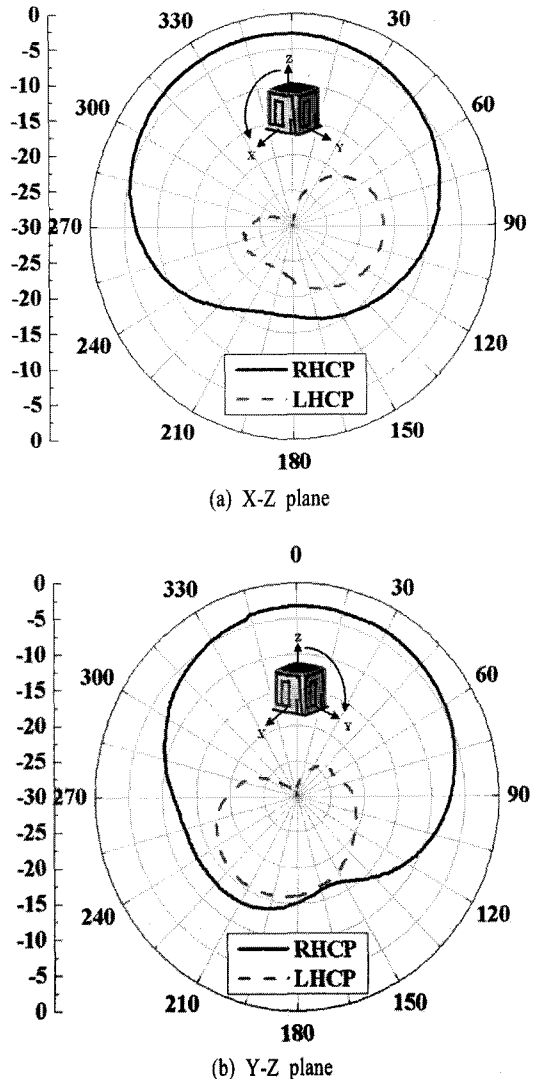


그림 7. 제안한 QIFA의 측정된 방사 패턴(1.575 GHz)  
Fig. 7. Measured radiation pattern of the proposed QIFA(1.575 GHz).

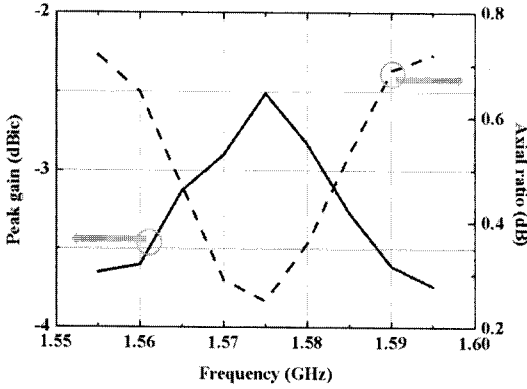


그림 8. 제안한 QIFA의 측정된 이득과 축비  
Fig. 8. Measured peak gain and axial ratio of the proposed QIFA.

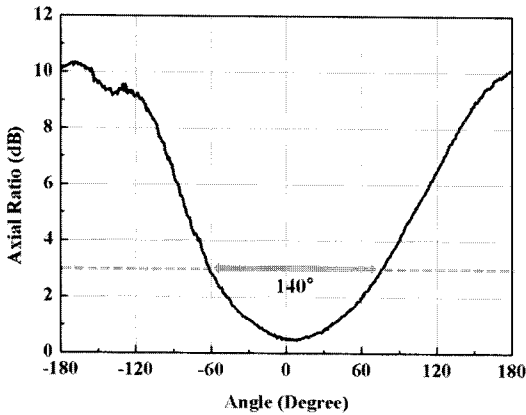


그림 9. 제안한 QIFA의 측정된 축비 방사 패턴(1.575 GHz)  
Fig. 9. Measured axial ratio pattern of the proposed QIFA(1.575 GHz).

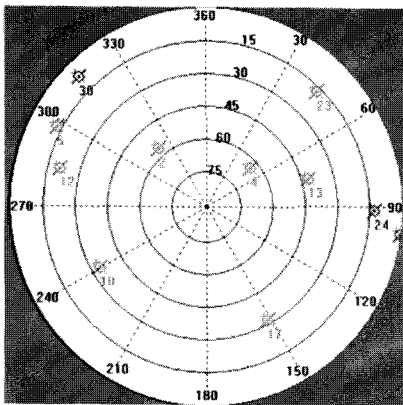


그림 10. 제안한 QIFA로 측정된 GPS 위성 위치  
Fig. 10. Field test result by using proposed QIFA.

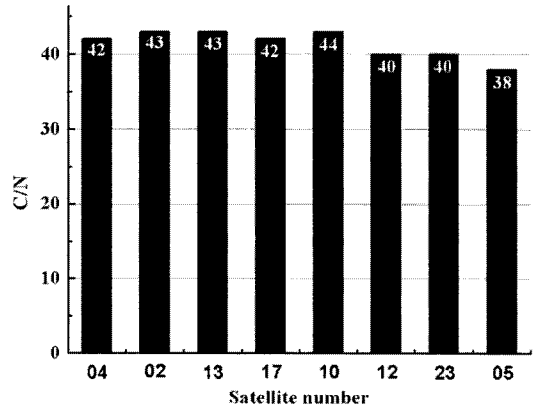


그림 11. 제안한 QIFA로 측정된 GPS 위성으로부터 수신되는 신호의 C/N  
Fig. 11. Measured C/N of the GPS signal from satellite using proposed QIFA.

#### IV. 결 론

새로운 GPS 수신용 소형 4중 Inverted-F 안테나 (QIFA)가 제안되고, 측정되었다. 제안한 안테나의 효율을 높이기 위해서 포트에서의 반사 계수와 포트 간의 상호 결합을 함께 고려하는 새로운 정합 방법을 제시하였다. 제안한 QIFA는 120° 이상의 3-dB 빔 폭과 15 dB 이상의 전후전계비를 가진다. 또한, 실제 필드 테스트를 통하여 제안하는 안테나가 GPS 수신용으로 사용하기에 적합함을 검증하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] B. Rama Krishna Rao, A. D. Sarma, and Y. Ravi Kumar, "Technique to reduce multipath GPS signals", *Current Science*, vol. 90, no. 2, Jan. 2006.
- [2] O. E. Rodriguez, M. Philippakis, A. Konovaltsev, F. Antreich, C. Martel, and D. Moore, "Antenna-based multipath and interference mitigation for aeronautical applications: present and future", *Airbone New Advanced Satellite Techniques and Technologies in A System Integrated Approach*.
- [3] P. K. Shumaker, C. H. Ho, and K. B. Smith, "A new GPS quadrifilar helix antenna", *AP-S International Symposium*, 1996.
- [4] G. A. O'Neill, "Quadrifilar helical antenna", US Patent 7,245,268 B2, Jul. 2007.

[5] O. P. Leisten, A. Wingfield, "Miniature dielectrically loaded GPS antennas for robust US E-911 position location", *Personal Mobile Communica-*

*tions Conference*, 2003.

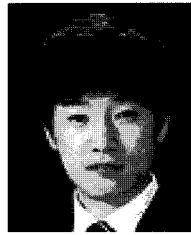
[6] A. Abdelaziz, D. M. Nashaat, "Compact GPS microstrip patch antenna", *IEEE Milcom*, 2007.

손 왕 익



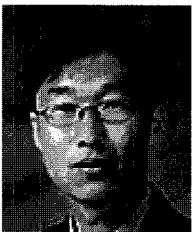
2006년 2월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학사)  
2008년 2월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)  
2008년 3월~현재: 한국과학기술원 전자공학과 박사과정  
[주 관심분야] 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid), 무선 통신 시스템, GPS 기술

정 원 석



2007년 2월: 경희대학교 전기전자공학과 (공학사)  
2007년 3월~현재: 한국과학기술원 전자공학과 석사과정  
[주 관심분야] 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid), 무선 통신 시스템

임 원 규



2002년 2월: 경북대학교 전기전자공학과 (공학사)  
2004년 8월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)  
2008년 8월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학박사)  
2008년 9월~현재: 한국과학기술원 정보전자연구소 연구원

[주 관심분야] 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid), 무선 통신 시스템, RFID/USN 기술

유 중 원



1992년 2월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학사)  
1994년 2월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)  
1998년 7월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학박사)  
2004년 2월~현재: 한국과학기술원 전자공학과 부교수

[주 관심분야] 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid), 무선 통신 시스템