

GPS/GLONASS 통합 수신을 위한 패치 안테나

Patch Antennas for GPS/GLONASS Combined Receiving

문진섭*, 정수영*, 이택경*

Jin-Seob Moon*, Soo-Young Jung*, and Taek-Kyung Lee*

요 약

최근 GPS(Global Positioning System)의 기능을 보완하고 성능을 향상시키기 위하여 러시아의 GLONASS(Global Navigation Satellite System)를 함께 이용하는 방안이 연구되고 있다. 이러한 방법은 GPS의 SA(Selective Availability)에 의한 오차를 줄이고, 두 종류의 위성을 함께 사용함으로써 적절한 위성배치를 선택해 사용할 수 있는 이점이 있다. 본 논문에서는 GPS/GLONASS 통합 수신기에서 사용할 수 있도록 광대역 원편파 특성을 나타내는 개구면 결합 패치 안테나와 개인 휴대 및 차량용으로 사용하기 적합한 작은 크기의 세라믹 유전체 패치 안테나를 설계, 제작하였다. 제작된 안테나는 대역폭이 각각 250 MHz와 242 MHz, VSWR 1.5:1 이하, 축비 3 dB 이하로서 GPS 및 GLONASS 신호를 동시에 수신하기 위한 안테나의 특성을 만족하였다.

Abstract

Recently, it is considered to combine the GPS receiver with the GLONASS for the improvement of performance and accuracy. This combined system reduces errors by SA for GPS, and has merits to select receivable satellite. In this paper, aperture-coupled patch antenna and small sized ceramic dielectric patch antenna are designed and implemented for GPS/GLONASS combined receiver, which show a wideband characteristics with circular polarization. The manufactured antennas have the bandwidth more than 240 MHz, VSWR less than 1.5:1, and the axial ratio less than 3dB, and satisfy required characteristics of the GPS/GLONASS antenna.

I. 서 론

미래의 위성항행시스템 (CNS/ATM : Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management)에서는 인공위성을 이용하여 통신, 항행, 감시 등의 항공 교통 정보를 제공한다. 항행분야에서는 GPS(Global Positioning System)를 이용함으로써 기존의 항행시스템에 비하여 정밀한 유도정보를 얻을 수 있고, 특수한 상황에 관련한 위험을 줄여

안전성을 향상시키며, 운영상의 효율성과 경제성 때문에 개발초기부터 현재까지 전 세계적으로 많은 연구가 진행되어지고 있다. GPS 시스템은 미국에서 군사용으로 개발되었으며, 민간용으로 사용될 경우에 SA(Selectivity Availability)에 의하여 정확도가 떨어지며 정확한 위치파악을 위해서 DGPS(Differential GPS) 등이 이용되고 있다. GPS는 항행시스템 외에도 미래의 교통 및 통신시스템, 측량, 구조 등을 비롯한 다양한 분야에서 중요한 역할을 하므로

*한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부(School of Electronics, Telecommunication and Computer Eng., Hankuk Aviation University)

· 논문번호 : 2000-2-5

· 접수일자 : 2000년 11월 14일

수요가 계속 증가하고 있다. 최근 미국의 위치 정보 시스템인 GPS(Global Positioning System)의 기능을 보완하고 향상시키기 위해 러시아의 GLONASS(Global Navigation Satellite System)를 함께 이용하는 방안이 연구되고 있다. GPS/GLONASS 통합 수신기에서는 두 시스템의 신호를 동시에 수신함으로써 GPS의 SA(Selective Availability)에 의한 오차를 줄이고, 적절한 위성배치를 선택하여, 정확한 위치 정보를 얻을 수 있다[1]. 이들 위치정보 시스템은 육상, 해상, 항공 등에서 광범위하게 이용되고 있으며, 최근에 ITS(Intelligence Transportation System)나 레저용 등에 응용이 활발하게 이루어지고 있어 차량에 탑재하거나 개인이 휴대하게 되므로 소형, 경량의 설계가 요구되어지고 있다[2]. GPS와 GLONASS 시스템에서는 우선회 원형편파(RHCP, Right-Hand Circularly Polarized)를 사용하며, 두 신호를 함께 수신하기 위해서는 전체 주파수 대역(1.565~1.621 GHz)에서 편파 특성을 만족하는 광대역 안테나를 설계하여야 한다. 기존의 GPS용 안테나로는 모노폴, 헬리컬, 마이크로스트립 등의 형태로 구현되고 있다. 모노폴 안테나는 측량용으로 주로 사용되며, spiral helix와 quadrifilar helix 등의 헬리컬 안테나는 선박용으로 주로 사용된다. 마이크로스트립 패치 안테나는 소형으로서 대량생산이 용이하므로 최근 많이 사용되고 있으며, 1~2 GHz 주파수대에서 약 1~2 %의 좁은 대역폭을 나타내므로 GPS 단일 용도로 사용되고 있다[3]. GPS/GLONASS 통합 수신기의 안테나는 두 시스템의 주파수 대역을 포함하는 광대역 특성과 편파특성을 동시에 만족해야 하므로 마이크로스트립을 이용한 기존의 GPS 안테나로는 사용이 불가능하다.

본 논문에서는 GPS/GLONASS 통합 수신기에서 사용하기 위해 광대역 특성과 편파특성을 만족하는 개구면 결합 단일 패치 마이크로스트립 안테나와 차량이나 개인휴대의 소형화 용도에 적합한 세라믹 유전체 패치 안테나를 설계, 제작하였다. 개구면 결합 패치 안테나는 광대역 특성을 얻기 위하여 개구면과 패치 사이를 공기층으로 하였고, 넓은 주파수 대역에서 축비가 양호한 원편파 특성을 얻기 위해 십자형 슬롯에 두 편파 사이에 90°의 위상차가 나도

표 1. GPS/GLONASS 안테나의 규격

Table 1. Specification of GPS/GLONASS antenna.

구 분	규 격
Center Frequency	1.575/1.602 GHz
Bandwidth	56 MHz
VSWR	1.5:1
Impedance	50Ω
Polarization	RHCP
Axial ratio	3 dB

록 Hybrid 급전회로를 구성하였다. 세라믹 유전체 패치 안테나는 고유전율의 세라믹 유전체를 사용하여 패치 안테나의 크기를 줄이고, Wilkinson 분배기를 사용한 이중 프루브 급전 방식을 이용함으로써 광대역 특성과 원하는 대역에서 양호한 축비 특성을 구현하였다.

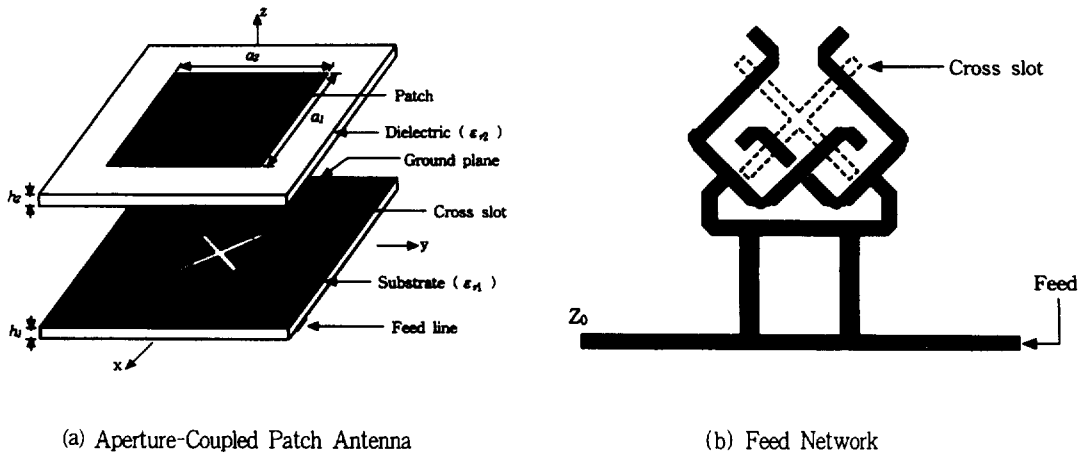
II. GPS/GLONASS 통합 수신 안테나 규격

GPS와 GLONASS의 L1 신호를 모두 수신하기 위해서는 P 코드를 고려하면 1565~1621 MHz의 신호를 수신할 수 있는 안테나를 사용하여야 한다. 따라서 설계하고자 하는 안테나는 56 MHz의 대역폭에서 VSWR 1.5:1 이하가 되도록 하였고 GPS와 GLONASS 신호는 우선회 원편파를 이용하므로 사용 주파수 대역에서 축비 3 dB 이하가 되도록 설정하였다. 수신기의 위치에 관계없이 GPS와 GLONASS 위성으로부터 도달하는 신호를 수신하기 위해서는 안테나의 빔폭이 매우 넓은 특성이 요구된다. 표 1은 설계하고자 하는 GPS/GLONASS 안테나의 규격을 나타내고 있다.

III. 개구면 결합 패치 안테나

3-1 안테나 설계 및 시뮬레이션

광대역 원형 편파를 얻기 위하여 제안된 안테나는 개구면 결합 패치 안테나로서 구조는 그림 1과



(a) Aperture-Coupled Patch Antenna

(b) Feed Network

그림 1. 개구면 결합 패치 안테나의 구조

Fig. 1. Structure of aperture-coupled patch antenna.

같다. 개구면 결합 방식은 단일 기판상의 패치 안테나에 비하여 부엽 레벨이 적고 넓은 대역폭을 구현할 수 있다. 그림 1(a)는 패치 및 개구면의 형태를 나타내고 있다. 원형편파를 얻기 위하여 패치의 형태는 정사각형으로 하였으며($a_1 = a_2$), 광대역으로 구현하기 위하여 개구면과 패치 사이에는 유전체 대신에 공기층으로 하였으며($\epsilon_{r2} = 1$), 공기층의 두께는 h_2 이다. 개구면은 원형 편파를 얻기 위해 십자형으로 하여 각각의 슬롯에 급전을 하였다. 접지면 아래의 기판은 급전선로를 위한 것으로 두께는 h_1 , 비유전율은 ϵ_{r1} 이다. 그림 1(b)는 십자형 개구면과 급전회로의 구조를 나타내고 있다. 대칭형의 십자형 개구면의 각 슬롯에 서로 직교하는 편파 사이에 90° 위상차가 나도록 하여 네 부분의 급전을 하였다. 급전회로는 Branch-line 결합기로부터 나오는 두 개의 출력으로부터 각각의 편파 방향으로 두개씩의 개구면 결합을 하고 있다. Branch-line 결합기의 두 출력은 서로 90° 위상차가 있으며, 이들은 각각 두 선로로 나뉘어져서 각각의 편파방향의 급전 슬롯에 공급되어 우선회 원편파를 얻는다[4]. 급전 개구면의 길이가 길수록 결합은 좋아지지만 필요하지 않은 뒤쪽 방향의 복사를 일으키므로 적절한 길이를 선택해야 한다. 최적의 결합을 유지하기 위해서 슬롯의 폭은 작게 하는 것이 좋으며, 대체로 슬롯 길이

의 $1/10$ 정도로 선택한다. 급전선 기판의 두께와 유전율도 결합에 영향을 주며, 기판의 두께가 두꺼워질수록 결합은 적게 일어난다.

제안된 안테나 구조에서 원하는 특성을 얻기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 설계하였다. 급전 회로에 사용된 기판은 RO4003으로서 비유전율은 $\epsilon_{r1} = 3.38$ 이며, 두께는 $h_1 = 0.81\text{mm}$ 이다. 패치와 접지면 사이의 유전체는 공기로서 $\epsilon_{r2} = 1.0$ 이다. 사용된 프로그램은 주파수 영역 해석방법(FDA, Frequency Domain Analysis)를 바탕으로 하는 Ensemble 6.0이다. 공기층의 두께와 패치의 크기 및 급전선로 등을 조정하면서 여러 번의 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 특성을 만족하는 안테나를 설계하였다. 고려하는 안테나의 특성은 반사손실 및 VSWR, 안테나 축비, 그리고 원거리 패턴 등이다.

시뮬레이션을 통하여 최적의 상태로 조정된 안테나의 패치 크기는 $a_1 = a_2 = 76.5\text{mm}$ 이며, 패치와 접지면 사이의 높이는 $h_2 = 10\text{mm}$ 로 설계되었다. 그림 2는 설계된 안테나의 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이 반사 손실은 -15 dB 이하 대역폭이 약 250 MHz 로서 넓은 대역폭을 갖는다. 원편파 수신 성능을 나타내는 축비는 그림 3에 나타나 있다. 설계된 안테나는 광대역의 임피던스 특성과 함께 매우 넓은 주파수

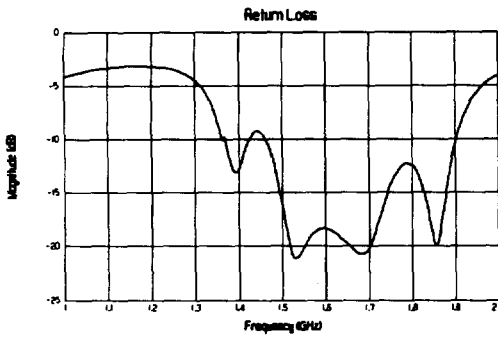


그림 2. 반사손실의 주파수 특성 계산 결과
 Fig. 2. Simulated return loss vs. frequency characteristics.

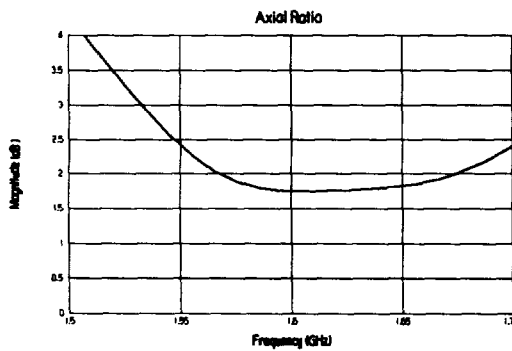


그림 3. 축비 계산결과
 Fig. 3. Simulated axial-ratio.

대역에서 우수한 축비를 나타내고 있다. 1.565~1.621 GHz 사이의 주파수 대역에서 축비는 약 2.2 dB 이하의 값을 갖는다.

3-2 제작 및 측정 결과

설계된 구조의 개구면 결합 원편파 안테나를 제작하여 특성을 측정하였다. Branch-line 결합기의 반대쪽 종단은 50 Ω 저항으로 정합을 하였으며, 개구면과 급전선로는 하나의 기판을 사용하여 에칭을 하였다. 제작된 안테나의 임피던스 특성은 HP 8720C를 사용하여 측정하였으며, 사용 주파수 대역 내에서 복사 패턴과 이득, 축비 등은 한국표준과학

연구소에서 측정하였다.

그림 4는 제작된 안테나의 반사손실에 대한 주파수 특성을 보여주고 있다. 측정결과에 의하면 매우 넓은 주파수 대역에서 동작함을 알 수 있으며, 반사손실 -15dB 이하로 측정된 대역폭은 250MHz로서 약 16%이다. 그림 5는 측정된 임피던스 값을 Smith 도표 상에 나타내었다. 넓은 주파수 대역에서 반사손실이 적음을 알 수 있다.

그림 6은 1.575 GHz에서 원거리 복사패턴을 보여

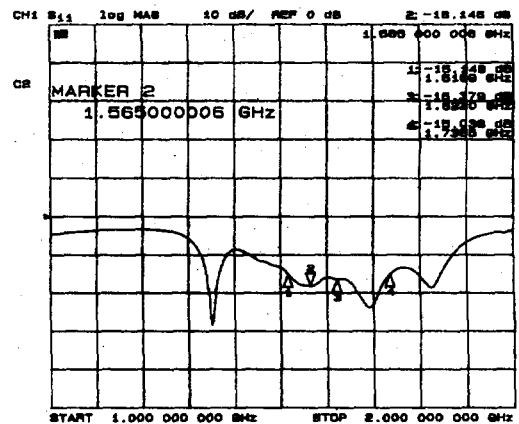


그림 4. 측정된 반사손실의 주파수 특성
 Fig. 4. Measured return loss vs. frequency characteristics.

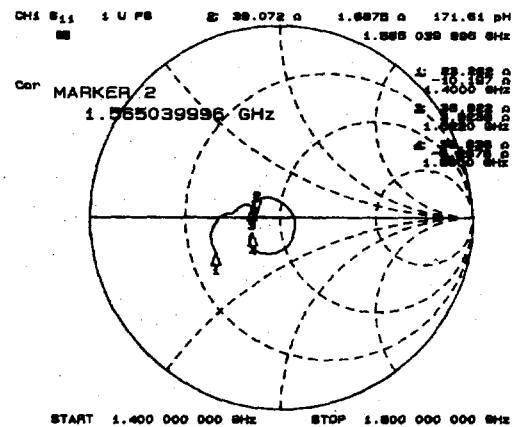


그림 5. 측정된 입력 임피던스
 Fig. 5. Measured input impedance.

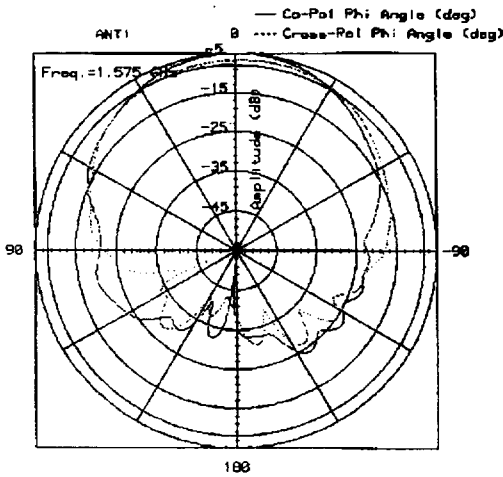


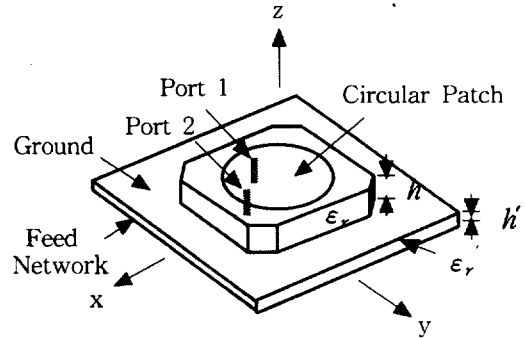
그림 6. 원거리 복사 패턴 측정결과 (at 1.575 GHz)
Fig. 6. Measured radiation pattern (at 1.575 GHz).

주고 있다. 매우 넓은 빔폭을 나타내므로 위치에 관계없이 GPS 및 GLONASS 신호의 수신이 가능하고, back lobe는 -20dB 정도로 나타나며 나머지 주파수대에서도 동일한 패턴 특성을 나타낸다. Co-polarization과 cross-polarization의 크기는 거의 차이가 없으며, 이는 원편파의 축비가 양호함을 나타낸다. 측정된 안테나의 축비는 원하는 대역에서 2.1 dB 이하의 양호한 값을 얻었다. 이상의 측정결과에서 알 수 있듯이 제작된 개구면 결합 패치 안테나는 -15 dB의 대역폭이 약 250 MHz이고, 사용 주파수 대역에서 축비가 3 dB 이하이다. 따라서 GPS와 GLONASS의 주파수를 모두 포함하고 수신주파수 대역을 만족하는 광대역 원형 편파 안테나로서 두 시스템의 통합 안테나로 사용될 수 있다.

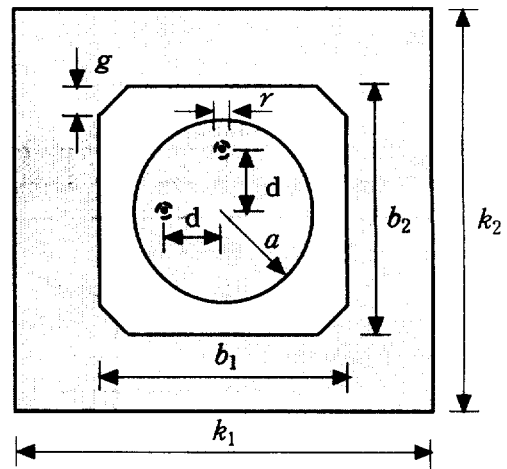
IV. 세라믹 유전체 원형 패치 안테나

4-1 안테나 설계

소형화된 안테나를 설계하기 위하여 고유전율의 세라믹 유전체를 사용한 패치 안테나를 설계하였다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 GPS 패치 안테나는 패치나 유전체의 모서리 부분을 절단함으로써 원편파 특성을 얻는다. 그러나 이러한 방식은 광대역



(a) 3차원 구조



(b) 평면도

그림 7. 세라믹 유전체 원형 패치 안테나의 구조

Fig. 7. Structure of ceramic-dielectric circular patch antenna.

에서 원편파의 축비특성을 만족할 수 없다. 여기서는 이중급전을 통하여 광대역의 반사계수와 원편파 축비 특성을 얻는다. 그림 7은 제안된 안테나의 구조를 보여주고 있다. 그림 7(a)는 3차원 입체모양을 나타내고, 그림 7(b)는 위에서 내려다본 평면도이다. 세라믹 유전체의 비유전율은 ϵ_r 이며, 높이는 h . 크기는 $b_1 \times b_2$ 이고, g 는 절단된 모서리 길이이다. 급전방식은 이중 프루브 급전을 하며, 두 개의 프루브에 가해지는 신호는 서로 90° 의 위상차가 있고 크기가 같은 신호가 공급된다. 두께 h' 이고 비유전율

ϵ_r 인 기판의 아랫쪽은 급전회로로서 두 급전점에 신호를 공급하기 위한 회로이며, 윗쪽은 접지면이다. 프루브 급전을 위한 접지면의 홀은 직경이 r 이며, 홀의 면적을 증가시키면 신호의 결합이 증가하지만 두 급전점 간의 격리도가 나빠지므로 홀 위치와 크기를 적절히 조절하여야 한다[5]. 패치의 형태는 원형으로서 반경은 a 이며, 급전 프루브의 위치는 패치의 중심으로부터 d 만큼 떨어져 있다.

원형 편파를 얻기 위한 패치 모양에는 사각형, 원형, 타원형, annular, 노치(notch) 디스크 등이 있으며[6], 원형패치는 특성이 사각형 패치와 비슷하나 동작 주파수 및 복사패턴, 임피던스 범위 등의 조정이 비교적 용이하다. 프루브 급전에 의한 원형 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 dominant 모드인 TM_{11} mode에 의해 식 (1)과 같이 근사화된다[7],[8].

$$f = \frac{\alpha_{11}c}{2\pi a_{eff}\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

여기서 $\alpha_{11} = 1.84188$ 은 1차 Bessel 함수의 미분이 영이 되는 가장 작은 값이며, c 는 자유공간의 전파속도이고, a_{eff} 는 패치의 끝부분에서 발생하는 fringing을 고려한 패치의 실효 반경이다. 원형 패치 안테나의 공진 주파수는 실효반경 a_{eff} 에 반비례하고, 유전체 비유전율 ϵ_r 의 제곱근에 반비례한다. 실효반경 a_{eff} 는 유전자 알고리즘을 사용하여 얻어진 계수들을 사용하여 비유전율 ϵ_r , 기판 두께, 패치 반경 등으로부터 식 (2)와 같이 구할 수 있다[8].

$$a_{eff} = a + h \left[0.247 + 610.731 \left\{ \left(\frac{h}{a} \right)^{8.690} + \frac{1}{\epsilon_r^{8.152}} \right\} \right] \quad (2)$$

여기서 유전체의 높이 h 가 커지면 안테나의 실효반경 a_{eff} 도 증가한다. 식 (1)에서 특정 주파수에서 공진이 일어나도록 하기 위하여 공진주파수를 고정시키면, a_{eff} 와 $\sqrt{\epsilon_r}$ 은 서로 반비례인 관계로서 안테나의 패치 크기를 줄이기 위해서는 유전체의 비

유전율을 증가시켜야 함을 알 수 있다. 비유전율을 증가하면 패치 크기의 감소로 전체 안테나의 크기를 줄일 수 있으나, 대역폭이 좁아지고, 원편파의 축비가 나빠지는 단점이 있다[9]. 따라서 구현하고자 하는 안테나의 특성을 만족시키기 위해 각 부분의 크기, 비유전율 등을 조정하기 위한 여러 차례의 컴퓨터 시뮬레이션이 요구된다.

광대역에서 원편파 특성을 얻기 위해서 두 개의 프루브에 서로 90° 의 위상차가 나도록 신호를 공급한다. 급전회로는 기판의 아랫쪽에 위치하고 있으며, 입력단자의 신호를 분배기를 이용하여 크기가 같은 두 개의 신호로 분리한 다음 선로의 길이를 조정하여 위상차가 나타나도록 한다. 하나의 신호를 크기가 같은 두 신호로 분리하기 위해서는 T 분배기나 Wilkinson 전력분배기, 하이브리드나 결합선로 등을 이용할 수 있다. T 분배기는 구조가 비교적 간단하지만 두 출력 선로간의 isolation이 용이하지 않으므로, 한쪽 선로에서 반사된 신호가 다른쪽 선로로 전달되는 현상이 나타난다. 따라서 안테나의 입력 VSWR이 높아지며, 특히 편파 방향을 방해하여 축비가 나빠지는 결과를 초래한다[10]. 하이브리드나 결합선로 등은 분리특성은 양호하지만 면적을 크게 차지하여 안테나의 크기를 줄이기 용이하지 않다. 본 논문에서는 그림 8에서와 같이 Wilkinson 전력분배기를 사용하여 크기가 같은 두 개의 신호로 분리한 다음 선로의 길이에 의하여 90° 위상차를 구현하였다.

그림 8에서 선로의 임피던스 $Z_0 = 50 \Omega$ 이며, Feed로 공급되는 신호는 단자 1과 단자 2로 균등하게 나누어진다. Isolation 저항 100Ω 에 의해 단자 1과 단자 2는 서로 결합되지 않는다. 두 개의 프루브 단자에 가해지는 신호들의 위상차는 중심주파수에서 정확히 90° 의 차이가 나도록 설계되는 것이 바람직하다. 따라서 Wilkinson 전력분배기로부터 각각의 프루브 위치까지의 거리 l_1 과 l_2 의 차이 ($l_2 - l_1$)는 $\lambda_g/4$ 가 되도록 설계하였다. 여기서 λ_g 는 중심주파수에서 선로상의 파장을 나타내며, 시뮬레이션과 측정을 통하여 실제로 두 신호간의 위상차가 90° 가 되도록 하였다.

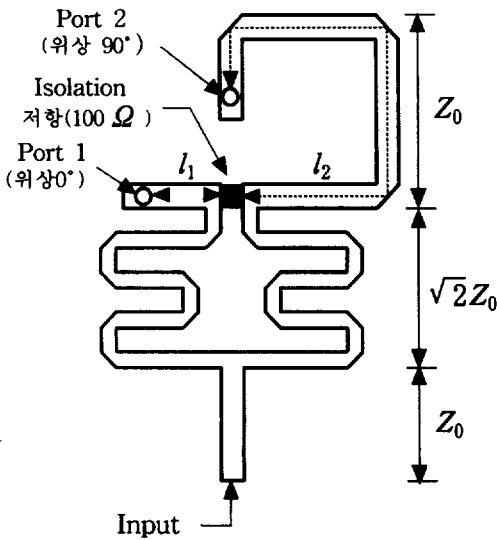


그림 8. 급전 회로
Fig. 8. Feed network.

이중급전 원편과 안테나에서 양호한 축비특성을 얻기 위해서는 두 포트에 가해지는 신호의 크기가 같아야 하고 위상차가 정확해야 한다. Wilkinson 전력분배기를 이용하여 그림 8과 같은 급전회로를 제작하여 특성을 사용주파수 대역에서 측정하였다. 기판의 비유전율은 $\epsilon_r' = 2.17$, 두께 $h' = 0.508$ mm, 선로길이 l_1 과 l_2 는 각각 6 mm와 42 mm로 하였다. 표 2는 입력단자와 단자 1 및 단자 2 사이의 S_{21} 의 크기와 위상을 측정된 결과이다. 단자 2의 투과계수

S_{21} 는 단자 1의 투과계수에 비하여 손실이 약간 크며, 그 이유는 선로길이 l_2 가 l_1 보다 $\lambda_g/4$ 만큼 길기 때문에 선로상의 감쇠에 의한 전력손실이 나타나기 때문이다. 주파수 대역 내에서 두 단자의 출력은 $\lambda_g/4$ 의 선로길이 차에도 불구하고 거의 같은 크기로 나타나며, -3 dB 근방의 값을 가진다. 단자 1과 단자 2의 위상차는 대역내에서 90° 근방의 값을 가짐을 확인할 수 있다.

4-2 컴퓨터 시뮬레이션

고유전율의 세라믹 유전체를 이용하여 소형화된 GPS/GLONASS 안테나를 설계하기 위하여 여러 번의 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 안테나 설계에는 유한요소법(FEM, Finite Element Method)를 바탕으로 하는 Ansoft의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하였다. 세라믹 유전체의 유전율은 안테나의 크기를 줄이기 위하여 $\epsilon_r = 21$ 인 높은 유전율의 유전체를 가정하였다. 시뮬레이션을 통하여 유전체의 두께와 패치의 크기, 급전점의 위치, 급전 회로 등을 조정하여 특성을 만족하는 안테나를 설계하였다. 유전체 상의 원형 패치는 완전도체로서 식 (1)에 의하여 유전체의 비유전율이 높을수록 반경은 작아지며, 원형 패치의 반경은 $a = 11.4$ mm로 정하였다. 원형패치의 크기를 고려하여 설계된 세라믹 유전체의 크기는 $b_1 \times b_2 = 29.5 \times 29.5$ mm이다. 유전체의 모서리 부분은 안테나의 외

표 2. Wilkinson 전력분배기의 S_{21} 크기 및 위상 측정결과

Table 2. Measured S_{21} of Wilkinson power divider.

Frequency [dB]	Magnitude [dB]		Phase [degrees]		
	Port 1	Port 2	Port 1 (ϕ_1)	Port 2 (ϕ_2)	위상차 ($\phi_1 - \phi_2$)
1.565	-3.170	-3.175	-117.08	153.06	89.86
1.575	-3.142	-3.149	-118.05	151.52	90.43
1.590	-3.069	-3.078	-118.92	150.03	91.05
1.602	-3.106	-3.161	-119.93	148.19	91.88
1.622	-3.123	-3.140	-121.64	145.48	92.88

장을 용이하게 하기 위하여 절단을 하고, 안테나의 특성에 거의 영향을 주지 않도록 설계하였으며, $g = 4 \text{ mm}$ 이다. 프루브의 급전 위치는 안테나의 복사 저항의 크기와 밀접한 관계가 있다. 원형 패치의 중심으로부터 급전 위치가 멀어질수록 안테나 임피던스의 실수값이 커진다. 계산을 통하여 패치 중심으로부터 급전점까지의 거리 $d=7\text{mm}$ 로 하였으며, 접지면의 홀 직경은 $r=0.8\text{mm}$ 이다.

고유전을 세라믹 유전체를 사용한 패치 구조에서 단일 프루브 급전시 안테나의 대역폭은 협대역으로서 GPS/GLONASS 공용 수신 대역을 만족시키기 어렵다. 반면 이중프루브 급전을 이용할 경우에 대역폭이 확장된다.

원편파 안테나의 축비를 낮게 유지하기 위해서는 안테나에 공급되는 두 개의 직교하는 신호 사이에 위상차가 정확히 90° 가 되어야 한다. 두 신호 사이의 위상차는 급전선로의 길이 l_1 과 l_2 의 차이에 의하여 결정된다. 그림 9는 $(l_2 - l_1)$ 의 변화에 대한 축비의 주파수 특성을 보여주고 있다. $l_2 - l_1 = 36 \text{ mm}$ 일 때 두 신호의 위상차가 중심 주파수에서 90° 이므로 축비특성이 2.2 dB 이하로 양호하게 나타난다. 그러나 $l_2 - l_1 = 37 \text{ mm}$ 로서 1 mm 커진 경우에는 낮은 주파수에서는 축비가 좋아지지만 높은 주파수의 축비가 나빠진다. 또한 $l_2 - l_1 = 35 \text{ mm}$ 로

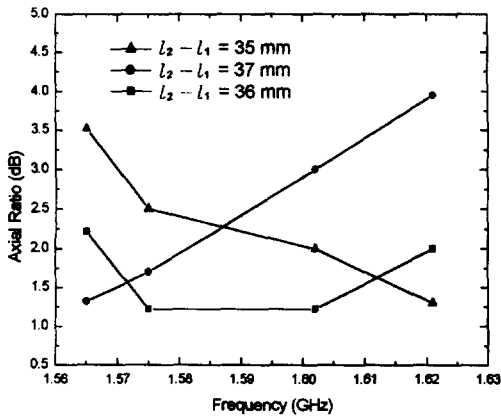


그림 9. 급전선로의 길이 변화에 대한 축비 계산 결과
Fig. 9. Comparison of the calculated axial ratio for various length of feed line.

서 짧아진 경우에는 반대로 나타난다.

4-3 제작 및 측정 결과

컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 최적화된 안테나의 설계치를 바탕으로 안테나를 제작하였다. 세라믹 유전체는 비유전을 21인 일본의 Hayashi Chemical Industry에서 제조된 파우더를 이용하여 제작하였으며, 높이 $h=5.1\text{mm}$, 크기는 $b_1 = b_2 = 29.5\text{mm}$, $g = 4\text{mm}$ 이다. 사용된 세라믹의 손실상수(loss tangent)는 $\tan \delta = 0.9288 \times 10^{-4}$ 로서 손실이 매우 적은 유전체이다. 원형 패치의 반경 $a=11.4\text{mm}$ 이며, $d=7\text{mm}$ 이다. 급전회로에 사용된 기판은 Taconic사의 비유전을 2.17, 두께 0.508mm인 테플론 기판이며, 크기는 $k_1 \times k_2 = 50 \times 50\text{mm}$ 이다.

그림 10은 시뮬레이션 결과와 실제 제작하여 네트워크 분석기로 반사손실을 측정한 결과를 비교한 것이다. -15 dB 대역폭에서 계산치는 250 MHz이며, 측정치는 242 MHz이다. 측정 결과 그래프가 전체적으로 계산치 결과보다 상위 주파수쪽으로 이동했음을 볼 수 있으며, 요구되어지는 주파수 범위인 Marker 2와 Marker 3에서 반사손실 값은 -22 dB 이하로서 양호한 임피던스 특성을 나타낸다. 그림

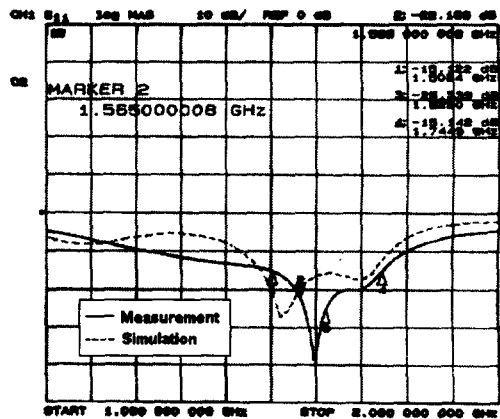


그림 10. 안테나 반사계수 (S_{11})의 주파수 특성
Fig. 10. Reflection characteristics (S_{11}) of antenna vs. frequency.

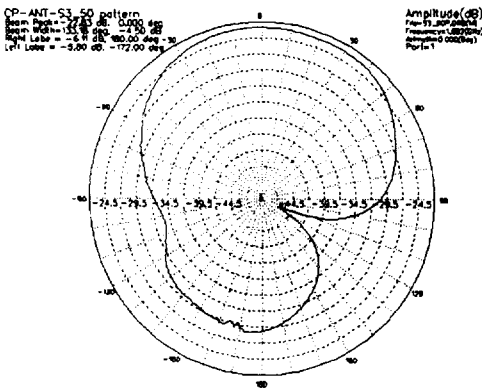


그림 11. 제작된 안테나의 원거리 패턴 측정, $f = 1.602$ GHz

Fig 11. Measured far-field pattern of manufactured antenna for $f = 1.602$ GHz.

11은 1.602 GHz의 주파수에서 측정된 안테나의 원거리 패턴이며, 무반사실에서 측정된 결과이다. 요구되는 주파수 대역내의 다른 주파수에서도 그림 11의 경우와 거의 동일한 패턴으로 나타난다. 측정된 패턴의 반 전력 빙폭은 112° 정도로 매우 넓게 형성되어 있다. GPS/GLONASS 위성 수신기의 안테나는 넓은 범위에 분포된 위성들로부터 신호를 수신하여야 하므로 빙폭이 넓을수록 유리하다.

V. 결 론

GPS/GLONASS 시스템은 해상교통 및 육상교통의 ITS(Intelligence Transportation System), 위성항행시스템(CNS/ATM : Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management), 측량, 이동통신 시스템 등의 매우 다양한 분야에서 널리 사용되고 있으며, 앞으로도 그 수요가 증대될 것으로 기대된다.

개구면 결합 패치 원편파 안테나는 광대역 특성을 얻기 위해 개구면 결합 패치 구조를 사용하였고 원형 편파를 얻기 위해 복사 패치는 정사각형 구조를 가지고 십자형 슬롯을 사용하여 안테나의 구조를 대칭적으로 만들었으며 branch-line 결합기를 이용

하여 90° 의 위상차가 나도록 급전하였다. 측정된 결과 -15 dB 대역폭 250 MHz와 1.565~1.621 GHz에서 측비 2.1 dB 이하, 넓은 반 전력 빙 패턴 등을 얻었다. 세라믹 유전체 원형 패치 안테나는 차량 부착용이나 개인 휴대용 등의 GPS/GLONASS 수신안테나에 적합하도록 안테나 크기를 소형화하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위해 고유전을 세라믹 유전체를 사용하였고, 원형 편파를 얻기 위해 Wilkinson 결합기를 이용하여 두 개의 프루브에 90° 위상차가 나도록 급전하였다. 측정된 결과 -15 dB 대역폭 242 MHz와 1.565~1.621 GHz에서 측비 2.8 dB 이하, 112° 이상이 되는 넓은 반 전력 빙 폭 특성을 얻었다.

본 연구에서는 GPS/GLONASS 통합 수신기에서 사용할 수 있도록 1.565~1.621 GHz에서 원하는 대역폭 특성을 갖고 측비가 3dB 이하인 원형 편파를 만족하며, 넓은 반전력 빙 폭을 갖는 개구면 결합 패치 안테나와 개인 휴대 및 차량용과 같은 소형화 용도에 적합한 고유전을 세라믹 패치 안테나를 설계, 제작하였다.

참 고 문 헌

- [1] A. Mattisek et al., "ASN-22. The 12/6(12) channel GPS/GLONASS engine board," *DSNS*, no. 38, pp. 1-7, 1996.
- [2] D. Elliott, *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House, London, 1996.
- [3] Y. T. Solomon and W. F. Richards, "Theory and experiment on microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-27, pp. 137-145, 1979.
- [4] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Wiley, 1998.
- [5] Y. Murakami, W. Chujo, and M. Fujise, "Mutual coupling between two ports of dual slot coupled circular patch antennas," in *IEEE International Antenna & Propagation Symposium*, Michigan, 28 June 1993, pp.

1469-1472.

[6] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, IEE, 1989.

[7] I. J. Bahl and P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, 1982.

[8] A. Akdagli and K. Guney, "Effective patch radius expression obtained using a genetic algorithm for the resonant frequency of electrically thin and thick circular microstrip

antennas," *Proc. IEE, Microw. Antennas Propagat.*, vol. 147, pp.156-159, Apr., 2000.

[9] R. B. Waterhouse, "Stacked patches using high and low dielectric constant material combinations," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-47, pp. 1767-1771, Dec., 1999.

[10] K. F. Lee and W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, Wiley, 1997.

문진섭(文鎭燮)



1999년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)
 1999년 3월~현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 석사과정
 관심분야 : 안테나 설계, 마이크로파 회로

정수영(丁壽英)



1998년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)
 1998년 3월~2000년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학석사)
 2000년 3월~현재 : (주) 감마누 재직중

관심분야 : 안테나 설계, 초고주파 회로설계, 레이더 등

이택경(李澤璟)



1983년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학사)
 1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
 1990년 3월~1991년 2월 : 한국과

학기술원 전기 및 전자공학과 연구원

1990년 5월~1991년 4월 : Univ. of Texas at Austin, Post-Doctoral Fellow

1991년 9월~1992년 2월 : 한국과학기술원 정보전자연구소 연구원

1992년 3월~현재 : 한국항공대학교 전자정보통신컴퓨터공학부 부교수

관심분야 : 마이크로파, 안테나, 전자파 전파 및 산란, 레이더 등