Global Positioning System용 저잡음 증폭기와 초소형 마이크로스트립 안테나

박 노 승 , 이 병 제, 이 종 철, 김 종 헌, 김 남 영

광운대학교 RFIC 연구 및 교육센터 / Mission Technology 연구센터

A Low Noise Amplifier and a Minimized Microstrip Patch Antenna for GPS(Global Positioning System)

N. S. Park, B. J. Lee, J. C. Lee, J. H. Kim, and N. Y. Kim

RFIC Research and Education Center &

Mission Technology Research Center, Kwangwoon University

pns72@explore. kwangwoon. ac. kr

abstract

본 논문에서는 좀더 효율적이고 소형화한 GPS(Global Positioning System)용 안테나와 LNA(Low Noise Amplifier)를 IMT-2000 단말기에 내장함으로써 개인 휴대 통신 기능과 더불어 좀 더 정확한 위치추적 기능을 동시에 가능케 하고자 한다. 중심 주파수 1.575 GHz의 저잡음 증폭기와 안테나의 크기는, 합쳐서 10×10×4 (mm)로서 상층은 마이크로스트립 패치 안테나이고, 중간층은 안테나 ground와 LNA ground의 공통 ground이며, 제일 아래층에는 LNA가 위치하게 된다. LNA 의 경우 2단을 중첩하여, 첫째 단 16dB, 둘째 단 18dB의 이득 특성을 보였는데 첫째, 둘째 단의 대역통과 필터에서 삽입손실로 3dB의 손실을 가져와 총 31dB의 이득 특성을 보였다. 잡음 특성은 약 1.9의 특성을 보였다. 안테나의 경우 9×9×2 (mm)로써, 고유전율(ε_r = 93)의 세라믹을 사용하여 그 크기를 상당부분 줄였다. 그리고 유전체 밑의 ground를 옆면까지 높임으로써 좀 더 소형화한 안테나를 가능케 하였다. 고유전율의 유전체를 사용하였기에 안테나 자체의 이득 특성은 저잡음 증폭기에서 보상하고, 안테나의 임피던스 정합 또한 LNA의 입력 쪽에서 하도록 하였다. 또한 위성신호 수신을 위해 안테나는 RHCP 의 원형편파 특성을 갖는다.

I .서론

근본적으로 GPS는 삼각측량의 원리를 사용하는데, 전형적인 삼각측량에서는 알려지지 않은 지점의 위치가 그 점을 제외한 두 각의 크기와 그 사이 변의 길이를 측정함으로 결정되는데 반해, GPS 에서는 알고 싶은 점을 사이에 두고있는 두 변의 길이를 측정함으로 미지의 점의 위치를 결정한다는 것이 고전적인 삼각측량과의 차이점이라 할 수 있겠다. 인공위성으로부터 수신기까지의 거리는 각 위성에서 발생시키는 부호 신호의 발생 시점과 수신 시점의 시간 차이를 측정한 다음 여기에 빛의 속도를 곱하여 계산한다.

거리 = 빛의 속도 * 경과시간 식(1)

GPS는 관측 점의 좌표(X,Y,Z)와 시각(t)의 4차원 좌표의 결정방식이므로, 비행기, 선박 및 자동차와 같이 고속 운동하는 물체의 위치관측과 속도관측에도 유효하다. 이러한 GPS용 시스템은 단독 혹은 다른 시스템과 같이 장착된 형태로 현재 군사, 민간 분야 등에서 이용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 GPS의 신호 수신 부분인 안테나 부분과 LNA 부분을 10×10×4 (mm)의 크기로 구현하여 차세대 이동통신 기기인 IMT-2000의 단말기에 내장함으로써 좀더 효율적이고 정확한 위치추적을 가능케 하고자 한다.

Ⅱ. 저잡음 증폭기와 고유전율 초소형 마이크로스트립 패치 안테나

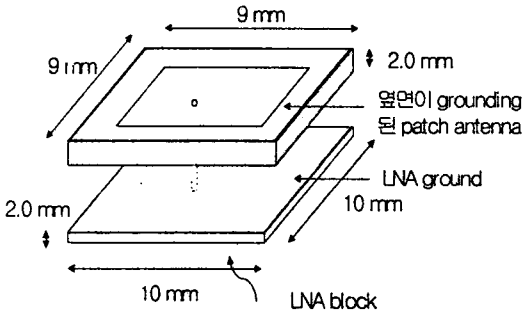

그림 1 제안된 저잡음 증폭기와 초소형 마이크로스트립 안테나 구조도

본 논문에서 연구된 GPS용 저잡음 증폭기와 마이크로스트립 패치 안테나가 다른 논문과 다른 특징은 저잡음 증폭기와 마이크로스트립의 접지면을 공통으로 사용하는 것이다. 안테나의 경우 RF 시스템의 다른 부분과 다르게 소형화 혹은 칩 형태로 구현하는데 어려움이 따른다. 따라서 마이크로스트립 안테나의 경우 최대한 소형화하고 접지면을 저잡음 증폭기와 같은 공통의 접지면을 가지고 단말기에 내장될 경우 많은 공간을 줄일 수 있게 된다(그림 1).

2단 저잡음 증폭기의 경우, (식 2) 와 같이 첫 째단 잡음특성에 의해 전체 저잡음 특성이 크게 변하므로 첫째 단에서는 이득보다는 잡음특성을 좀더 고려하였고 둘째 단에서는 잡음 특성보다는 이득을 고려하였다[1][2][3].

$$F_{total} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} \qquad \text{식(2)}$$

F_{total} : 전체 잡음특성
F_1 : 첫째 단의 잡음특성
F_2 : 둘째 단의 잡음특성
G_1 : 첫째 단의 이득특성

마이크로스트립 패치 안테나는 유전체의 유전율에 따라 상대적으로 공진 주파수가 변하게 된다[4][5]. (식 3)에서 보듯이, 다른 변수는 제외하고 단지 유전율과 파장사이의 관계를 살펴보면, 유전체의 파장이 유전율의 1/2 제곱에 반비례하는 것을 볼수 있다 예를 들어 유전율이 100 가까이 되면 유전율이 1인 공기보다 상대적으로 약 10 배 가까이 파장이 줄어들게 된다.

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \qquad \text{식(3)}$$

λ : 유전체 유전율에 따른 변화된 파장길이
λ_0 :자유 공간상의 파장길이

또한 다음은, 다른 조건은 모두 같으나 단지 접지면

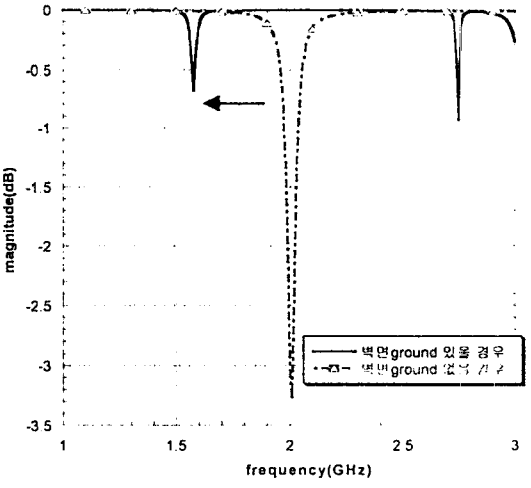

그림 2. 벽면 ground 가 있는 상태와 없는 상태

이 substrate의 옆 벽면까지 올라 왔을 경우와, 전형적인 형태로 접지면이 substrate의 밑면에만 존재할 경우의 비교 자료이다. 그림 2 에서 보듯이 접지면을 유전체의 벽면으로 올렸을 경우 공진 주파수는 더 낮은 주파수대로 이동하게 된다. 이러한 결과는 초소형의 GPS 용 안테나를 제작함에 있어 중요한 부분을 차지한다. 편파 특성은 GPS용 위성신호의 수신을 위해 RHCP의 형태로 편파특성이 나도록 하였는데 마이크로스트립 패치 안테나 자체의 크기가 무척 작은 관계로 corner truncated 된 형태로 RHCP 특성을 갖게 하였다[6].

고유전율의 마이크로스트립 안테나의 경우 높은 유전율로 인하여 이득특성이 나빠지게 된다. 따라서 이러한 이득 특성은 저잡음 증폭기단에서 좀더 높은 이득 특성을 갖게 하여서 보완하도록 하고 안테나 자체만으로 요구되는 이득특성은 0 dB 이다.

실제 안테나의 패치 부분과 접지면의 크기가 비슷하기에 마이크로스트립 패치 안테나의 전후방비는 별로 좋은 상태가 아니다. 그러나 패치 안테나의 크기가 9×9×2 (mm) 이고, 저잡음 증폭기는 접지면이 10×10×2 이기에 실제로 안테나의 접지면이 조금 더 늘어난 효과가 나타나게 된다[7][8].

Ⅲ. 설계 결과

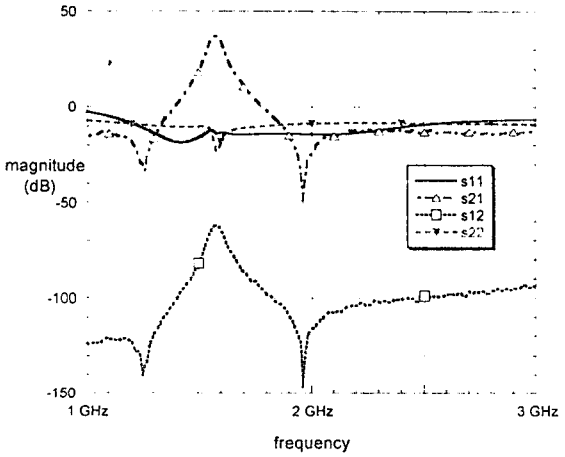

그림 3. 2 단 저잡음 증폭기의 S-parameter

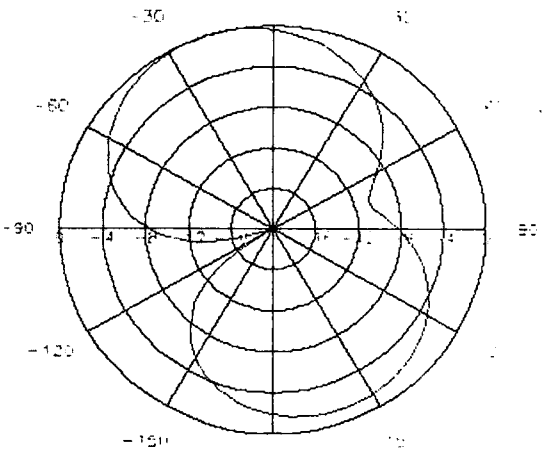

그림 4. 초소형 마이크로스트립 안테나의 이득 특성

저잡음 증폭기와 초소형 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 결과이다. 저잡음 증폭기 첫 단의 이득특성 16 dB, 잡음지수 1.6, 둘째 단의 이득특성 18 dB, 잡음지수 1.7, 두 단을 합치고 가운데 대역통과 필터를 삽입했을 때, 필터의 삽입 손실 포함, 전체 이득특성 31 dB, 잡음지수는 1.9 이다. 데이터는 그림 3 과 같다.

초소형 GPS 용 마이크로 스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 1.575 GHz 이고 이득 특성은 0 dB(그림 4) 이다. 그리고 위성 수신용 편파 특성은 RHCP 이고 방사특성은 전방사의 형태를 갖는다(그림 5).

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 GPS 용 저잡음 증폭기와 초소형 마이크로스트립 안테나에 대한 연구를 하였다. 저잡음 증폭기는 10×10×2 mm 의 크기로 양호한 특성을 나타내고 있다. 또한 본 논문에서 연구된 초소형 안테나는 현재 상용화되고 있는 GPS 용 안테나의 크기에 비해 적어도 길이는 각각 2 mm 두께는 1mm 정도를 줄였다.

따라서 IMT-2000 단말기에 내장 혹은 다른 시스템

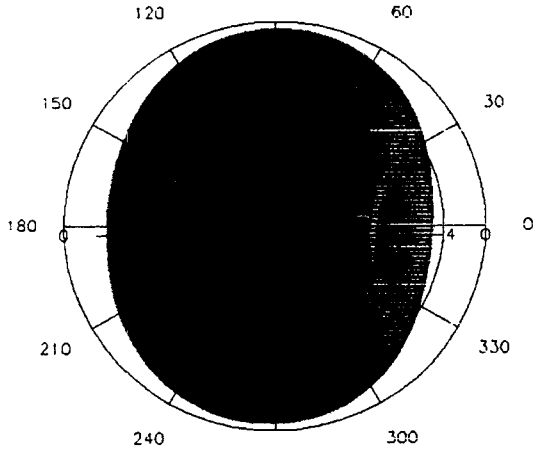

그림 5. 초소형 마이크로스트립 안테나의 방사 특성

에 같이 쓰일 경우 초소형의 장점을 충분히 살릴 수 있다고 본다.

참 고 문 헌

[1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, WILEY, pp. 628-632, 1987.

[2] K. CHANG, *Microwave Circuits and Solid-State Applications*, WILEY, pp.332-374, 1982

[3] T. T. Ha, *Solid-State Microwave Amplifier Design*, WILEY, pp. 97-105, 1981.

[4] C. A. BALANIS, *ANTENNA THEORY Analysis and Design*, WILEY pp. 727 -751, 1999.

[5] JR. James & PS. Hall, *Handbook of MICROSTRIP ANTENNAS*, pp. 120-135, 1989.

[6] JR. James & PS. Hall, *Handbook of MICROSTRIP ANTENNAS*, pp. 220-272, 1989.

[7] W. F. Richards, Y. T. Lo, and D. D. Harrison, "An improved theory for microstrip antennas and applications," *IEEE Trans. Ant. and Propagat.*, AP-29, pp.38-46, Jan. 1981.

[8] J. Huang, "The Finite Ground Plane Effect on the Microstrip Antenna Radiation Patterns" *IEEE Trans. Ant. and Propagat.*, AP-31, pp. 649-653, July 1963.