

## PCS 대역과 IMT-2000 대역 겸용 ASP 마이크로스트립 안테나 설계

이 은 규 · 장 영 철\* · 이 재 욱\* · 이 원 희\* · 허 정\*  
LG생산기술원, 건국대학교 전자·정보통신공학과\*  
전화 : (02) 450-3208 / 팩스 : (02) 3437-5235

### A Design of ASP Microstrip Antenna for PCS band and IMT-2000 band

Eun-Gyu Lee · Young Chul Jang\* · Jae-Wook Lee\* · Won-Hui Lee\* · Jung Hur\*  
LG Production engineering Research Center(LG-PRC)  
\*Dept. of Electronics, Information & Communication Eng., Konkuk University  
E-mail : blue@kkucc.konkuk.ac.kr

#### Abstract

In this paper, to improve bandwidth of microstrip antenna, we discussed the patch structure using Aperture Stacked Patch. To provide PCS service and IMT-2000 service simultaneously, a microstrip patch antenna needs impedance bandwidth of 22%. But typical microstrip patch antennas have impedance bandwidth of 3~6%. To analyze characteristics of microstrip patch antenna, we used Ensemble of commercial software. The microstrip patch antenna was designed and fabricated, tuned. We get following results: 650MHz(33%) of impedance bandwidth for VSWR 1.5. The measured gain of ASP microstrip antenna is 6.94dBi.

#### I. 서론

개인 이동통신 시장은 현재 제 2세대 방식들(IS-95A,B)을 상용하고 있는 실정이며, 앞으로 일본을 시작으로 하여 전세계가 제 3세대 이동통신인 IMT-2000을 서비스하려고 준비하고 있다. 이렇듯 지속적인 발전을 거듭하고 있는 개인 이동통신 시장에

서, 사용자에게 꼭 필요한 것이 무선 통신 기기이다. 이는 전파를 송·수신하는 여러 가지 부분으로 구성되어 있는데, 그 중에서 꼭 필요한 것이 안테나이다. 단 말기를 제외하고도 각 기지국과 초소형 중계기에는 마이크로스트립 패치 안테나가 주로 사용된다. 일반적으로 공진형 안테나는 협대역 특성을 갖는다. 복사소자로 패치를 갖는 마이크로스트립 안테나도 이 같은 협대역 특성을 갖는데, 물리적으로 패치의 크기가 정해지면 사용 주파수 범위가 보통 5% 이하로 제한된다. 이러한 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성은 상당히 많이 개선되었으며, 개구 결합 적층 패치(ASP: Aperture Stacked Patch) 구조를 사용하면 20~50%의 대역폭을 얻을 수 있고, 마이크로스트립 패치 복사 소자 옆에 기생 소자를 사용함으로써 25% 정도의 임피던스 대역폭을 얻을 수 있다. 또한 U자형 급전 슬롯 패치 안테나를 이용하면 최대 30% 정도의 임피던스 대역폭을 얻을 수 있다. PCS와 IMT-2000 겸용 안테나를 설계하려는 목적은 다음과 같은 이유 때문이다. 현재 우리나라에는 이동통신 사업자들을 크게 셀룰러와 PCS 사업자로 분류할 수 있으며, 모두 IMT-2000 서비스를 위해서 준비하고 있다. 만약에 PCS 사업자들이 IMT-2000 사업자로 선정된다면 PCS와 IMT-2000간의 주파수가 매우 인접해 있으므로, 두 서비스를 하나의 안테나로 가능하게 할 수 있는 안테나가 필요하다.

본 논문은 이러한 이유로 PCS와 IMT-2000 겸용 안

테나를 만들고, 대역폭 특성을 향상 시키기 위해 ASP 안테나에 나비넥타이(bow-tie)형 슬롯을 이용하였다.

## II. 기본 이론

개구 결합 적층 마이크로스트립 패치 안테나를 최적화하기 전에 가장 간단한 구조인 마이크로스트립 패치 안테나를 최적화 하였다. 공진주파수  $f_r$ , 유전체 기판의 유전율  $\epsilon_r$ 과 기판의 두께  $h$ 를 정한 후에 마이크로스트립 패치 안테나의 각 설계 변수를 다음과 같이 개략적으로 구할 수 있다. 마이크로스트립 패치 안테나의 폭  $W$ 는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{2\epsilon_r + 1} \quad (1)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 실효유전율은 다음과 같다.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-1/2} \quad (2)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 실제 길이( $L$ )는 프링징(fringing)효과로 인해 전기적인 길이( $L_{eff}$ )보다 짧아진다. 그 차이를  $\Delta L$ 이라 할 때,

$$\Delta L = h(0.412) \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{eff} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

따라서, 패치의 실제 길이는 다음과 같다.

$$L = \frac{\lambda}{2} - 2\Delta L \quad (4)$$

이 설계 이론을 기반으로 해서 패치의 길이  $L$ 과 폭  $W$ 를 결정하였고, 최대 대역폭을 갖는 안테나를 찾기 위해 나머지 파라미터를 체계적으로 변화시켜 가면서 임피던스 정합을 시켰다.

## III. 안테나 설계 및 시뮬레이션

### III-1. 안테나의 설계 목표

PCS 대역의 경우는 1750MHz에서 1870MHz까지가 사용 주파수 범위이다. 앞으로 서비스할 IMT-2000의 경우는 위성통신 서비스를 위한 주파수를 제외한다면 1920MHz에서 2170MHz까지이다. 두 주파수 대역에서 모두 동작하기 위해서는 최소 420MHz의 주파수 대역폭을 확보해야 한다. 이러한 동작주파수 범위는 안테나의 최소 요구치인 VSWR 2 이하에서이다. 상용 안테나로 사용하기 위해서는 VSWR 1.5 또는 1.3이하를 요구한다. 안테나가 광대역화가 되면서 안테나의 이득이 줄어드는 현상 때문에 안테나의 이득은 7dBi로 잡

았다. 마이크로스트립 패치 안테나에서 많이 사용하는 Ansoft사의 Ensemble 5.1을 사용하여 안테나를 설계, 시뮬레이션하였다. 안테나의 설계 목표는 표 1과 같다.

표 1. 안테나의 설계 목표

구분	규격
중심주파수	1.96GHz
대역폭	650MHz
VSWR	2 : 1
이득	7dBi 이상
임피던스	50Ω

### III-2. 안테나의 구조 및 시뮬레이션

안테나의 구조는 그림 1과 같다. PCS와 IMT-2000을 모두 커버할 수 있는 광대역 안테나를 만들기 위해 U자형 급전 방식과 나비넥타이형 슬롯을 이용한 ASP 안테나를 설계하였다.

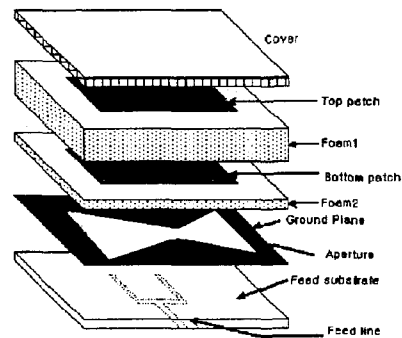


그림 1. ASP 안테나의 구조

그림 1에서 패치의 길이와 폭, 개구면의 길이와 폭, U자형 마이크로스트립 급전선 중 수평부의 설계 변수, 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심의 간격, 급전선의 폭과 각 기판의 유전율, 두께가 이 안테나의 구조를 결정하는 중요한 파라미터이다. 일반적으로 개구 결합 마이크로스트립 패치 안테나의 급전 선로 기판에는 유전율이 높고 얇은 기판을 사용하고, 복사 패치의 유전체 기판에는 유전율이 낮고 두꺼운 기판이나 foam, air 등을 많이 사용한다. 본 논문의 안테나는 U자형 50Ω 마이크로스트립 급전선을 사용하였고, 윗면에는 나비넥타이형 슬롯을 두었다. 설계한 구조의 파라미터는

다음과 같다.

**Design Structure**

Cover :

FR-4 테프론  $\epsilon_r=2.33$   $h=0.1mm$

Top patch :

Duroid 5880  $\epsilon_r=3.2$   $h=0.76mm$

Foam :

$\epsilon_r=1.07$   $h=11.2mm$

Bottom patch :

Duroid 5880  $\epsilon_r=3.2$   $h=0.76mm$

Foam :

$\epsilon_r=1.07$   $h=4mm$

Feed substrate :

Duroid 5880  $\epsilon_r=3.2$   $h=0.76mm$

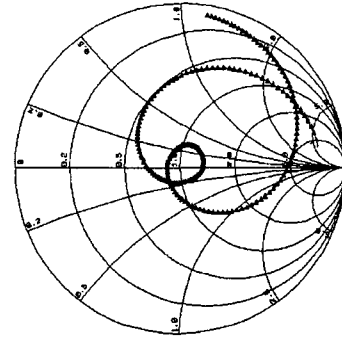


그림 4. 임피던스 계산 결과

그림 4의 임피던스 계산을 보면 50Ω에 임피던스가 매칭된 것을 확인할 수 있다. 그림 5는 시뮬레이션에서 얻은 복사 패턴의 결과이다.

그림 2는 최적화된 안테나의 평면도이다.

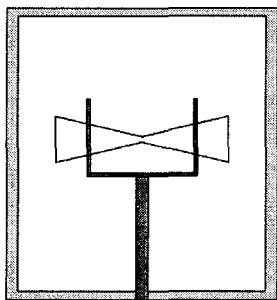


그림 2. 최적화된 안테나의 평면도

그림 3과 그림 4는 안테나 시뮬레이션 툴인 Ansoft사의 Ensemble를 이용한 모의 실험 결과이다. 그림 3은 S<sub>11</sub> 결과이고, 그림 4는 임피던스 계산 결과이다.

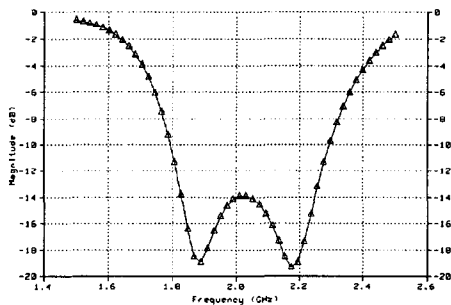


그림 3. S<sub>11</sub> 시뮬레이션 결과

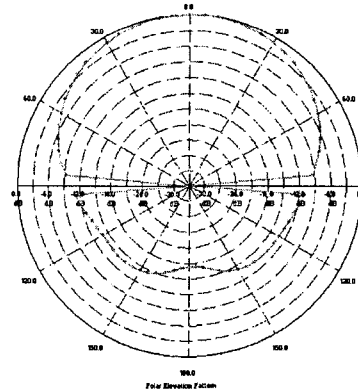


그림 5. 복사 패턴 시뮬레이션 결과

복사패턴은 마이크로스트립 패치 안테나의 전형적인 복사 특성인 Broadside 방향으로 잘 복사하고 있음을 알 수 있다. 안테나의 이득은 6.95[dBi]로 계산되었다. FBR(Front to Back Ratio)은 17dB정도이다. 시뮬레이션 결과상으로는 HPBW(반전력 빉폭)은 90도 정도로 상당히 넓은 결과를 보이고 있다.

**IV. 제작 및 측정 결과 고찰**

안테나의 설계는 시뮬레이션을 토대로 하여 제작하였으며, 나비넥타이 슬롯을 가진 ASP 안테나로 구성하였다. PCS대역의 up-link(단말기의 송신 주파수)는 1750 ~ 1780MHz이고, down-link(기지국의 송신 주파수)는 1840 ~ 1870MHz 이므로 측정시 주파수 범위를

1.8GHz를 중심으로 각각 300MHz씩 여유를 두어 1.5GHz ~ 2.1GHz로 설정하였다.

제작한 안테나는 HP社의 8753D 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 이용하여 입력 반사 계수 및 입력 임피던스를 측정하였으며, 전자파 무반사실(NSI社)의 Near Field Measurement 시스템을 이용하여 복사 패턴 및 이득을 측정하였다.

그림 6은 입력 임피던스 측정 결과이고, 그림 7은 입력 반사계수 측정 결과이다.

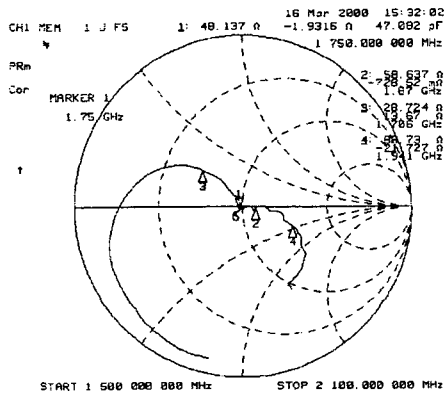


그림 6. 측정된 입력 임피던스

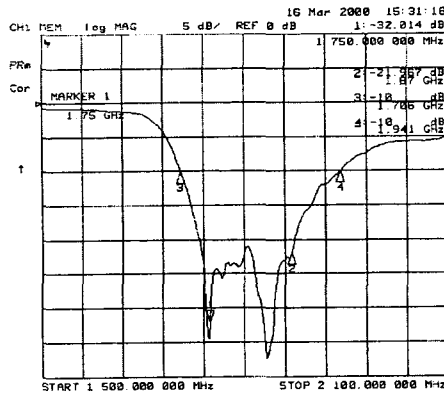


그림 7. 입력 반사계수 측정 결과

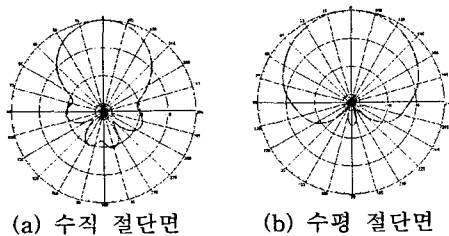


그림 8. 복사패턴 측정 결과

측정한 복사 패턴은 마이크로스트립 안테나의 복사 특성을 잘 나타내고 있으며, 시뮬레이션에 대한 복사 패턴 형태와 거의 동일함을 알 수 있다. 수직 및 수평 절단면 복사 패턴 모두 side lobe는 없으며, 수직 FBR은 20[dB], 수평 FBR은 25[dB] 정도로 만족할 만한 결과를 얻었다. 또한 수직 HPBW는 평균 57도, 수평 HPBW는 평균 84도를 얻었으며, 복사 패턴의 수직 성분은 좁고 수평 성분은 넓은 형태를 가짐을 알 수 있다. 안테나의 이득은 6.94[dBi]로 측정되었다.

본 논문은 나비넥타이 슬롯을 이용한 ASP 마이크로 스트립 안테나로써, 측정 결과 이득은 PCS/IMT-2000 전 대역에서 6.94dBi 이상, 대역폭(VSWR<1.5)은 중심 주파수를 1960MHz로 보았을 때, 33%로 약 650MHz의 대역폭을 보이고 있다. PCS와 IMT-2000의 두 대역을 만족하기 위해서는 1750MHz에서 2170MHz까지 최소 420MHz의 대역폭을 만족해야 한다고 할때, 본 논문의 ASP 안테나는 설계 목표를 충분히 만족함을 볼 수 있었다.

## V. 결론

본 논문은 나비넥타이 슬롯을 이용한 ASP 마이크로 스트립 안테나로써, 측정 결과 이득은 PCS/IMT-2000 전 대역에서 6.94dBi 이상, 대역폭(VSWR<1.5)은 중심 주파수를 1960MHz로 보았을 때, 33%로 약 650MHz의 대역폭을 보이고 있다. PCS와 IMT-2000의 두 대역을 만족하기 위해서는 1750MHz에서 2170MHz까지 최소 420MHz의 대역폭을 만족해야 한다고 할때, 본 논문의 ASP 안테나는 설계 목표를 충분히 만족함을 볼 수 있었다. 본 논문에서 제안한 나비넥타이 슬롯을 이용한 ASP 안테나는 PCS와 IMT-2000 주파수 대역을 모두 만족함으로써, 주파수만 다르게 설계한다면 하나의 안테나로 이동통신 및 광대역 무선 시스템 안테나 등 여러 가지 용도로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

- [1] S. D. Targonski, R. B. and D. M. Pozar, "Design of Wide band Aperture Stacked Patch Microstrip Antennas," IEEE Antennas & Propagation, pp. 1245-1251, Sep. 1998.
- [2] D. M. Pozar, "A microstrip antenna aperture coupled to a microstrip line", Electronic Letter, vol. 21, pp. 49-50. Jan. 1985.