

# 패치내부급전의 6GHz용 패치안테나 설계 및 특성해석

최재연\*

## 요약

6GHz에서 동작하는 패치내부 급전형 패치안테나를 설계한다. 패치에 급전하는 방식을 동평면에서의 급전과 기판 내부급전을 통해 개구결합을 이용하여 급전하는 방식을 비교분석하여 보고, 변형된 패치의 내부에 급전을 할 수 있도록 안테나를 설계한다. 설계된 안테나는 유한차분 시간영역법에 의해 전계와 자계의 방사패턴을 분석하고, 반사손실을 통해 특성을 해석한다. 패치내부급전 방식은 기판층 내부의 개구결합 급전방식보다 더욱 향상된 방사패턴과 효율을 구하도록 하고, 마이크로스트립 패치안테나의 내부급전으로 설계된 공진주파수근처에서 좋은 동작특성을 보임을 확인한다.

## Design and Analysis of 6GHz Microstrip Patch Antenna with Inset Feeding

Jae-Yeon Choi\*

### ABSTRACT

Inset feeding type patch antenna for 6GHz is designed. The performance difference between the coplanar feeding and aperture coupling is also analysed. The coplanar feedline tends to radiate more than the buried feedline, because it is printed on the same substrate as the radiator, which has a high radiation efficiency. It can be showed and calculated that radiation pattern and return loss of patch antenna with inset feeding which is resulted from finite-difference time-domain simulating method. The characteristic of antenna performance is much better than the coplanar feeding pattern.

Key Words : patch, feeding, return loss, radiation pattern, microstrip

---

\* 남서울대학교 정보통신공학과 (✉cjy@nsu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 최재연 · 교신저자(Corresponding Author) : 최재연  
· 접수일(2013년 3월 13일), 수정일(1차 : 2013년 3월 21일), 게재확정일(2013년 3월 26일)

## I. 서 론

오늘날의 무선통신시대에서, 안테나만큼 중요한 통신소자는 없을 것이다. 안테나없이 어떠한 형태로든 무선통신이 불가능하며, 모든 송신기와 수신기를 유선으로 이어야한다.

조지프 헨리에 의한 19세기 중반부터 시작된 안테나의 역사는 상대적으로 짧은데[1], 20세기 들어서 세계 대전동안 레이더의 필요성이 대형반사기, 렌즈, 도파관 슬롯 어레이의 발명을 촉진시켰다.[2]

1930년대 이후 TV보급시작과 더불어 안테나는 필수부품이 되었는데, 최근에는 평면안테나에 많은 관심이 쏠리고 있다. 평면안테나는 하나의 평면에 제작되는 안테나들로, 마이크로스트립, 동평면스트립라인, 동평면도파관 같은 급전구조로 급전되어진다.

평면안테나들은 비평면안테나에 비해 많은 이점이 있는데, 대표적으로 크기가 소형이고, 비평면안테나에 비해 무게가 가볍다. 이런 특징은 안테나 설계와 생산과정을 단순화시키고, 생산단가를 낮춰준다.

또한 이러한 평면적 구조의 성질때문에 평면안테나들은 모양과 윤곽의 변형이 쉽다.

그래서 건물의 옆면이나 비행선의 외부에 쉽게 탑재할 수 있다. 마이크로파나 밀리미터파대역에서 증폭기같은 많은 회로소자들은 평면안테나 도플로지를 따라 응용되어진다. 이렇듯 평면안테나 기술의 개발은 마이크로파와 밀리미터파통신분야를 근본적으로 변화시켰다.[3] 평면적 구조의 패치안테나는 대역폭이 작은 결점이 있는데 이 논문에서는 협대역의 단점을 극복하기위하여 6GHz용 패치내부 급전형 패치안테나를 설계한다.

## II. 본 론

### 2.1 일반적인 패치 안테나의 구조

수동안테나구조는 유전체기판위에 금속을 식각하여 간단하고 저렴하게 구축할 수 있다.

이러한 마이크로스트립 형태의 광대역용 안테나[4][5]들이 제시되어지고 있는데, 저이득의 불리한 결점을 극복하기위해 다중의 상층판을 사용한 개선방법들도 제시되고 있다.[6][7]

이렇게 안테나 상층에 존재하는 상층판은 안테나의 기본적인 성능특성, 즉 안테나이득, 복사저항, 안테나효율 등에 영향을 준다. 따라서 이득과 복사효율을 높이기 위해 유전체기판의 역할은 매우 중요하다.

패치안테나에서 유전체 기판은 비자성체이며, 상대유전율이 1에서 4사이의 기판을 사용하는 데 이는 방사를 하는 프링징필드(fringing fields)를 향상 시키는데 특수한 상황에서는 훨씬 큰값을 갖는 것을 쓰기도 한다.

<그림 1>에서와 같은 대표적인 패치형태에서 길이  $L$ , 폭  $w$  그리고 두께  $h$ 에 의해 특성이 결정된다.

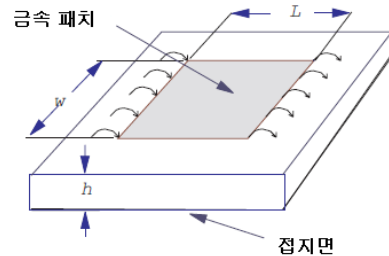


그림 1. 프링징필드를 갖는 사각형 마이크로스트립패치안테나

Fig. 1. A Square Microstrip Patch Antenna with Fringing Fields

설계를 위한 첫 번째 단계로서 적합한 두께의 적합한 유전율을 갖는 유전체 기판을 선정하도록 한다. 여러 가지 두께의 많은 금속 피복의 적당한 유전체기판들이 상용화되어 있다. 이 안테나에서는 대역폭과 방사효율을 고려할 때 낮은 상대유전율을 갖으면서 상대적으로 두꺼운 유전체층의 기판으로 제작하도록 한

다. 유전체 손실은 손실탄젠트(loss tangent)에 비례하고, 그 값은 약 0.005보다 작은 값이 적당하다. 그리고 이 동작주파수 대역에서 도체손실은 그리 크지 않기 때문에 크게 문제가 되지 않으므로 무시하여도 괜찮다. 도체 스트립의 두께는 두꺼운 것으로 선택하였는데 이것은 얇은 두께의 스트립보다 비용에서 장점이 있고, 또한 얇은 도체 스트립은 수치에서 허용오차가 매우 중대하고 결정적일 때, 즉 주파수가 높은 경우에서 협소한 폭을 갖는 스트립이 사용되거나 앳칭의 정밀도가 요구될 때 사용되기 때문이다.

## 2.2 패치 안테나의 급전방식

일반적으로 동평면의 마이크로스트립라인에 의해 패치 급전이 이루어 지는데, 동축급전도 또한 널리 사용된다. <그림2>에서와 같이 동축선의 내부도체(probe)는 방사패치에 연결되고, 외부도체는 접지면에 연결된다.

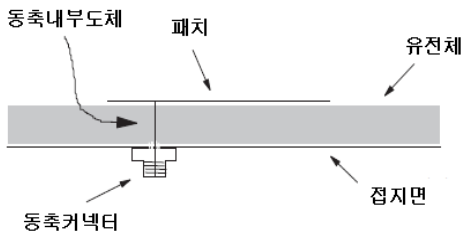


그림 2. 동축탐침으로 급전하는 패치  
Fig. 2. A Patch Excited using a Coaxial Probe

또다른 하나의 급전방법은 개구결합을 이용하는 방법이다. 접지면이 패치와 급전선사이에 놓여있고, 접지면내의 개구 또는 슬롯에 의해 패치와 급전선 사이에 결합이 이루어진다. 동평면급전선이나 기판내부의 급전선형태로 마이크로스트립패치가 전자기적 결합을 유도하기도 한다. 동평면급전방식은 기판내부급

전방식보다는 방사효과가 더 좋은데 이는 같은 층에서 급전 방식이 이루어져 더 나은 방사효율을 제공하기 때문이다. 기판내부급전방식은 <그림 3>과 같이 하나는 급전선으로 또다른 하나는 방사기로 동작하도록 되어있다. 위기판층은 아래기판보다 좀더 두껍게 설계되는 데 이는 방사와 대역폭향상을 위해서 이다. 이에 비해 아래 기판층은 상대적으로 높은 유전상수를 갖고 기판의 두께도 얇게 하는데 이는 아래로의 방사를 막기 위함이다.

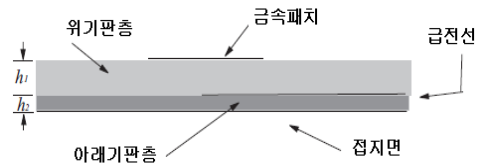


그림 3. 두 개의 유전체층 구조를 갖는 전자기결합형 패치

Fig. 3. An Electromagnetically Coupled Patch with a two layer Dielectric Structure

## 2.3 패치내부 급전형 안테나

<그림4>는 패치의 형태를 변형하여 급전을 패치 내부에서 이루어지도록 설계된 패치내부 급전형 안테나이다. 내부급전은 패치안테나에 입력임피던스가  $50\Omega$ 이 되도록 설계되었다.

원하는 동작주파수에서 금속층의 도체에 의해 형성되는 공동이 공진하도록 길이  $b$ 를 선택하여 패치안테나를 설계하였다. 설계된 안테나의 전계방사패턴과 자기방사패턴을 보면 <그림 5>와 같이 넓은 영역으로 퍼져나가는 것을 볼 수 있다.

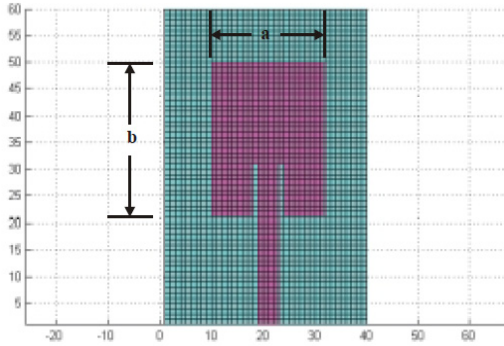


그림 4. 패치내부급전형 안테나  
Fig. 4. Patch Antenna with Inset Feeding

<그림5>에서와 같이 안테나의 간단한 구조 및 크기와 넓은 방사특성은 이상적인 안테나 배열소자로서 사용될 수 있다.

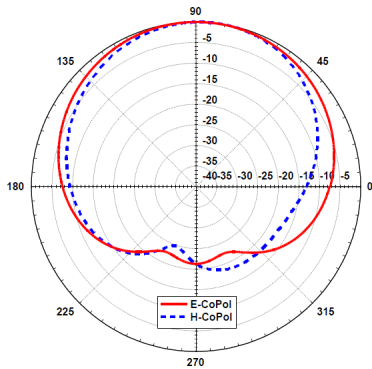


그림 5. 패치내부급전형 안테나의 방사패턴  
Fig. 5. Radiation Pattern of Patch Antenna with Inset Feeding

패치안테나가 마이크로스트립으로 급전될 때 능동소자로 집적되고, 선형 또는 원형 편파도 쉽게 얻을 수 있다. 다중기판구조는 동평면 도파관(coplanar waveguide)이나 동평면 스트립라인 (coplanar stripline)과 같이, 다른 형태의 급전을 하도록 개발되었다.

패치안테나의 횡단면은 <그림 6>과 같다. 패치에서

의 공진주파수의 추정치를 구하기 위해 패치안테나의 측면은 완전자기도체(PMC:perfect magnetic conductors)로 가정한다.

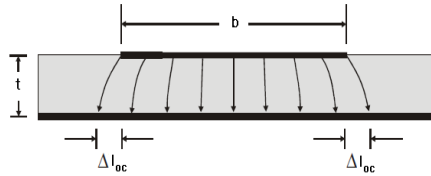


그림 6. 마이크로스트립 패치안테나의 횡단면  
Fig. 6. Cross-sectional View of Microstrip Patch Antenna

이 모델에서 공동은 정재파형태의 모드를 제공한다. 공동의 길이는 패치안테나의 길이  $b$ 와 마이크로스트립개방단 효과에 기인한 각 모서리에서 부가적 유효길이의 합이다.

직관적으로, 공진주파수는 식(1)과 같이 패치안테나의 전체유효길이  $b + 2 \times \Delta l_{oc}$ 가 마이크로스트립 공동에서 유도파장의 반과 같다.

$$f_r = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{eff}}} \cdot \frac{1}{b + 2 \cdot \Delta l_{oc}} \quad (1)$$

여기서  $c$ 는 진공에서의 빛의 속도를 나타내고,  $\epsilon_{eff}$ 는 마이크로스트립의 유효유전율이고 다음과 같이 주어진다.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{1 + \frac{10t}{a}} \quad (2)$$

프린징필드에 의해 기인되는 부가길이에 대한 일반적으로 사용되는 식은

$$\frac{\Delta l_{oc}}{t} = 0.412 \times \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{a}{t} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{a}{t} + 0.813 \right)} \quad (3)$$

과 같다.

패치안테나의 가장 도드라진 결점은 본질적으로 대체적으로 5%이내인 협대역인 특성이다.

마이크로스트립 패치 안테나의 대표적인 반사손실은 <그림 7>에 나타내었다.

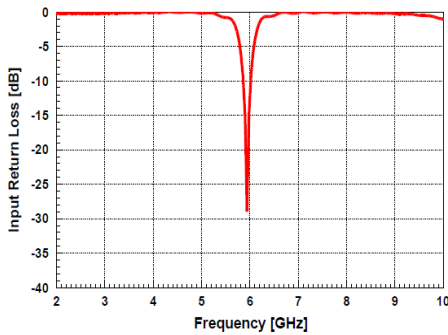


그림 7. 패치내부급전형 안테나의 반사손실  
Fig. 7. Return Loss of Patch Antenna with Inset Feeding

### III. 결 론

6GHz에서 동작하는 패치내부 급전형 패치안테나를 설계하였다. 이 안테나는 급전을 개구결합을 이용하여 급전하는 것보다 더 나은 방사패턴과 효율을 얻을 수 있었으며 설계된 공진주파수근처에서 좋은 동작특성을 보임을 확인하였다.

급전구조를 바꾸가면서 대역폭을 증가시키려는 노력이 많이 연구되고 있다. 근접결합에서 개방스터브로 중단된 마이크로스트립라인이 유전체기판에 놓여

있다. 마이크로스트립급전은 패치안테나의 밑에 있는 다른 기판에 있다. 이러한 방법으로 15%의 대역폭을 넓힐 수 있다. 최근에 많은 관심이 집중되는 이러한 방법을 개구결합이라고 알려졌는데, 개구결합된 패치안테나는 아래 기판층에 마이크로스트립급전을 두고 접지면에 작은 개구를 통해 결합되어 위 기판층에 패치안테나와 결합된다. 근접결합과 개구결합구조로부터 얻어진 대역폭의 증가는 패치안테나의 원래의 평면구조를 포기해야하고 다층기판의 비용측면에서, 제조가 복잡해지고, 생산비용이 추가된다.

또한 광대역구조의 후면방사가 -10dB보다 나빠진다.

### 참고문헌

- [1] W.L. Stutzman and G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.
- [2] S. Silver, Microwave Antenna Theory and Design, M.I.T. Radiation Laboratory Series, vol. 12, McGraw-Hill, New York, 1949.
- [3] W. R. Deal, V. Radisic, Y. Qian and T. Itoh, "Planar integrated antenna technology," Microwave Journal, Euro-Global Edition, vol.42, no.7, Horizon House Publications, July 1999, pp.128-144.
- [4] A. Sabban, "A New Broadband Stacked Two-layer Microstrip Antenna," IEEE AP-S Int. Symp. Digest, vol. 21, May 1983, pp.63-66.
- [5] Jang Y. W., "Wide-Band T-Shaped Microstrip-Fed Twin-Slot Array Antenna," ETRI J., vol.23, no.1, Mar.2001, pp.33-38.
- [6] D.R. Jackson and N. G. Alexopoulos, "Gain Enhancement Methods for Printed Circuit Antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.33, no.9, Sept. 1985, pp.976-987.
- [7] H. Y. Yang and N. G. Alexopoulos, "Gain Enhancement Methods for Printed Circuit Antennas through Multiple Superstrates," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol.35, no.7, July 1987, pp.860-863.

### 감사의 글

본 논문은 2012년도 남서울대학교 교비학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

---

### 저자소개

#### 최재연(Jae-Yeon Choi)



1985년 한양대학교 전자통신공학과  
1984년 한양대학교 대학원 전자통신공  
학과(공학석사)  
1998년 한양대학교 대학원 전자통신공  
학과(공학박사)

E-mail : [cjy@nsu.ac.kr](mailto:cjy@nsu.ac.kr)

1996년~현재 남서울대학교 정보통신공학과 교수

※ 관심분야 :