

## 에어 스트립라인을 이용한 개구결합형 이중편파 패치 안테나

°최인호 · 최학근

단국대학교 전자공학과

330-714 충남 천안시 안서동 산 29번지

### Aperture Coupled Dual Polarization Patch Antennas Using Air Stripline

In Ho CHOI · Hak Keun CHOI

Dept. of Elec. Eng., Dankook Univ.

San 29, Anseo-Dong, Cheonan-Si, ChoongNam

#### 요 약

본 논문은 IMT-2000 기지국용 이중편파 ASSAP(Air-Strip-Slot-Air-Patch)형 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 복사소자로는 급전선과 복사부와의 고립도가 좋은 개구 결합형 패치를 이용하였다.  $\pm 45^\circ$  직교 슬롯을 이용하여 이중편파를 발생시키고 급전선으로는 광대역화를 위한 에어 스트립라인을 이용하였으며 안테나의 복사특성을 만족하기 위해 패치의 크기와 접지면의 크기를 조정하여 Ensemble로 시뮬레이션 하였다. 그 결과 설계 제작한 안테나는 두 개의 포트 모두 전대역에 걸쳐 1.5:1 이하의 VSWR과 -25dB이하의 격리 특성, 그리고  $65^\circ \pm 7^\circ$ 의 수평빔 폭을 갖는다.

#### I. 서 론

최근 많이 연구되고 있는 마이크로스트립 안테나는 얇은 두께와 경량성, 상대적으로 낮은 제조 경비, 집적화 능력, 회로소자들과의 결합 그리고 편파 다이버시티의 중요한 특징을 제공하므로 많은 분야에서 응용되고 있다. 하지만 복사소자와 급전소자간의 불필요한 결합으로 복사특성에 영향을 주게된다. 개구 결합형 마이크로스트립 안테나는 복사소자와 급전소자간의 높은 고립도를 가지며, 개구와 복사소자 사이에 낮은 유전율을 가진 두꺼운 기판을 사용함으로써 복사특성을 향상시킬 수 있다<sup>[1]</sup>. 따라서 본 논문에서는 개구와 복사소자 사이 그리고 접지면과 급전선 사이

에 비유전율이 1인 공기를 사용하였으며, 복사소자와 급전선을 고정하고 높이를 유지하기 위해 유전체봉을 사용하였다. 이중편파를 구현하기 위해 개구의 모양을 수직·수평 직교 슬롯보다 더 좋은 특성을 갖는  $\pm 45^\circ$  직교 슬롯을 이용하였으며<sup>[2]</sup>, 슬롯은 복사소자의 중심아래의 접지면에 홈을 내어 구현하였다. 이러한 ASSAP(Air-Strip-Slot-Air-Patch) 구조를 이용하여 대역폭이 1.885~2.200 GHz인 차세대 이동통신 IMT-2000 기지국용 안테나로 사용할 수 있는 개구 결합형 이중 편파 안테나를 설계하였다. 복사소자인 패치와 Ensemble를 이용하여 설계하였으며 IMT-2000 주파수 대역중 RX(1.885~2.025 GHz) / TX(2.110~2.200 GHz) 주파수 대역에 대해 실제 제작한 안테나로 측정된 결과와 비교·검토하였다.

## II. 소자 및 급전라인 설계

본 연구에서 설계하고자 하는 안테나의 동작 주파수 및 특성은 표1과 같다.

표1. 에어 스트립 급전형 개구결합형 이중편파 안테나의 설계 사양

항목	사양
사용주파수 (IMT-2000)	1.885~2.200(GHz)
상, 하 VSWR	1.5 : 1 이하
격리도	-25dB 이하
-3dB 빔폭(RX/TX)	65° ± 7°

이를 구현하기 위해 사용되는 개구결합 안테나는 그림 1과 같이 복사소자인 패치와 급전선 사이에 놓인 개구를 통해 결합을 일으켜 패치로부터 복사가 일어나게 하는 구조이다. 개구 결합 안테나의 빔 패턴은 패치의 크기와 접지판의 크기에 의해 결정된다. 패치의 경우 반파장 다이폴과 유사한 빔 패턴을 가지므로 접지판의 크기를 조절해서 빔 패턴을 결정할 수 있다. 이러한 패치와 접지판의 크기를 결정하기 위해 Ensemble를 이용하였다. 설계된 접지판은 크기 200×200mm, 두께 1.5mm인 동판을 이용하여 제작되었다. 복사소자인 정사각형 패치는 길이  $L_p = 51\text{mm}$ , 두께 0.5mm를 갖는 동판을 이용하여 제작되었으며 복사효율을 높이고 대역폭을 만족시키기 위해 슬롯으로부터의 높이  $h=12\text{mm}$ 인 공기 위에  $\epsilon_r = 2.2$ 인 테프론 봉을 이용하여 고정하였다.  $\pm 45^\circ$  편파를 만들어내기 위해 개구를 직교 슬롯으로 구현하였으며 각각의 슬롯에 대한 급전선의 구조는 그림 2와 같다. 직교 슬롯은 패치 아래 접지판의 중심에 위치하며 길이  $L_s = 48\text{mm}$ , 폭  $W_s = 6\text{mm}$ 로 제작되었다. 급전라인은 접지판과 반사판사이의 간격  $b=27$ 이고  $\epsilon_r = 1$ 인 평행 도파관 내에 1mm의 두께를 갖고 접지판의 밑면으로부터 각각 1mm 와 4mm 간격을 가지고 위치한 upper 오픈 스트립라인과 lower 오픈 스트립라인으로 해석할 수 있다. 패치의 크기가 작아지면 대역폭이 줄어들게 된다. 본 논문에서는 대역폭 개선을 위해 배런스드 피드라인을 이용하였다. 이러한 피드라인은 슬롯에 대해 중심으로부터 각각  $L_s/4$  유셋되어 있는 특성을 가지며<sup>[1]</sup>, 급전되는 두 개의 스트립라인의 병렬 구조로 해석할 수 있다. 일반적으로 개구결합 안테나는 병렬 공

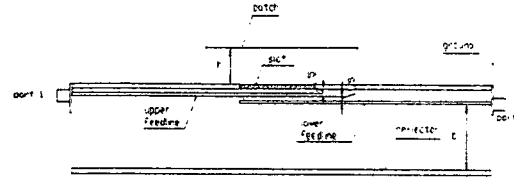


그림 1. 안테나의 구조도

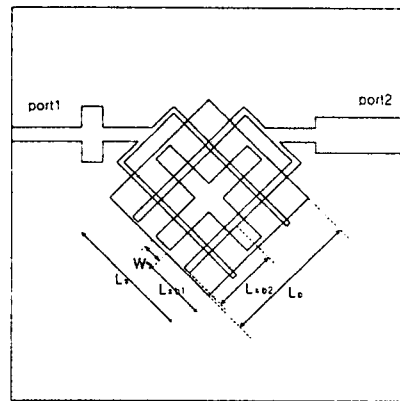


그림 2. 개구결합 패치와 급전라인

진회로로 표시되는<sup>[4]</sup>, 복사부와 리액턴스로 표시되는 개구로 이루어진다. 이때 같은 크기의 두 슬롯을 통해 패치에 동시에 공진을 일으키기 위해서는 급전라인의 설계가 매우 중요하다. 이는 튜닝소자인 개방 스텐브  $L_{sb1}$ 과  $L_{sb2}$ 의 길이와 급전라인의 특성임피던스를 조정하여 가능하며 대역폭 개선을 위해 각각의 급전선에 정합부분을 두었다.

이때 open stub의 길이에 따른 임피던스  $Z_{oc}$ 는

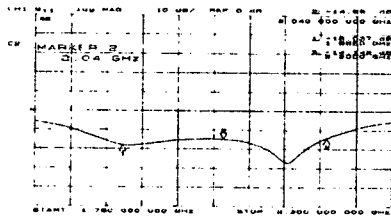
$$Z_{oc} = -j Z_f \cot(k_f L_{sb}) \quad (1)$$

여기서  $Z_f$ 와  $k_f$ 는 슬롯의 중심으로부터 오픈된 급전선의 특성임피던스와 전파상수이며 이는 Hewlett Packard사의 ADS를 이용하여 구해 낼 수 있다. 그림 2는 이러한 급전라인을 사용한 그림이다. 이와 같이 복사부와 급전부를 분리하여 설계할 수 있기 때문에 정합회로와 배열안테나를 설계할 때 급전선로에 의해 복사소자에 미치는 영향을 최소화할 수 있다.

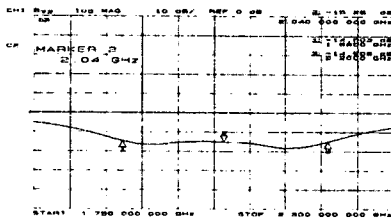
### Ⅲ. 측정결과 및 검토

#### (1) 반사손실

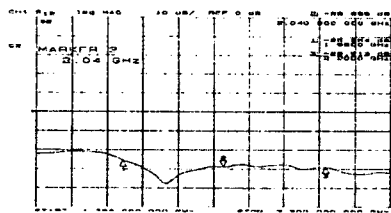
그림 3은 설계된 안테나의 반사손실과 격리도를 나타낸다. 포트 1, 2 모두 전대역 (1.885GHz~2.220GHz)에 걸쳐 안테나의 VSWR이 1.5:1 이하(반사손실 -14dB 이하)를 만족함을 보여주고 있으며 이는 에어 스트립라인을 이용한 경우에도 매우 좋은 특성을 나타냄을 알 수 있다. 또한 격리특성에서도 -25dB이하의 격리특성을 보여주고 있는데 에어 스트립이 마이크로 스트립 라인에 비해 비교적 전자계의 밀집도가 떨어지는데 비해서 높은 격리도라고 할 수 있다.



(a) 포트1에 대한 반사손실 ( $S_{11}$ )



(b) 포트2에 대한 반사손실 ( $S_{22}$ )



(c) 포트간의 격리도 ( $S_{12}$ )

그림 3. 안테나 각 포트에 대한 반사손실 및 격리도

#### (2) 복사패턴

제작된 안테나의 복사패턴은 각 편파별로 IMT-2000의 RX/TX 각각의 주파수대에 걸쳐 측정하였으며 측정 결과 모두 설계치를 만족하며 계산결과와 비교하였을 때 비교적 유사한 빔폭을 나타낸다. 그림 4는 -45° 편파(port1)에 대한 시뮬레이션한 결과와 측정 패턴을 비교한 것이고 그림 5는 45° 편파(port2)에 대한 시뮬레이션 결과와 측정 패턴의 비교 데이터이다. 45° 편파에 대한 패턴에서 -45° 편파에 비해 큰 후방빔이 생성되는데 이는 스트립 라인의 폭이 넓고 뒤 접지면과 가까워 후면과 옆면으로의 복사가 일어나기 때문이라고 생각된다. 시뮬레이션 결과에서는 주파수가 낮을수록 빔폭이 증가하나 실제로는 그렇지 않았다. 이는 시뮬레이션에서는 슬롯의 후면 복사와 반사판과 스트립 라인에 의한 산란이 고려되지 않았지만 실제로는 슬롯과 스트립에 의한 후방방사로 평행도파관 외부로 흘러나가는 성분이 많기 때문인 것으로 생각된다.

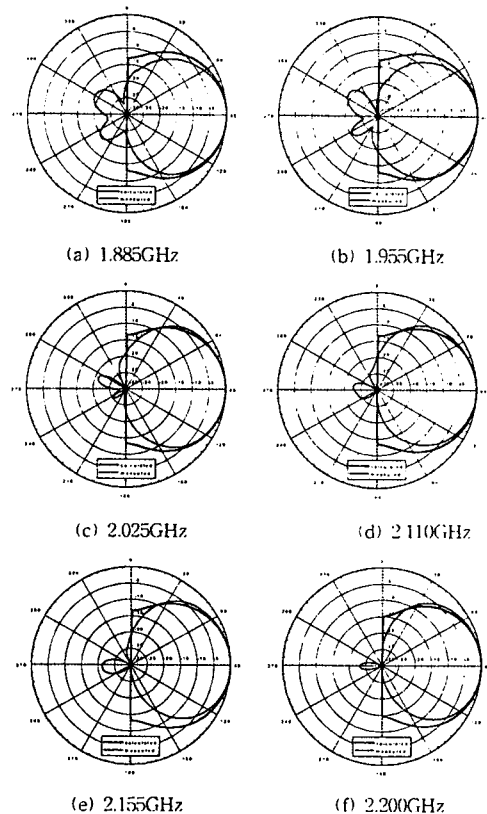


그림 4. -45° 편파 수평패턴의 계산 및 측정결과

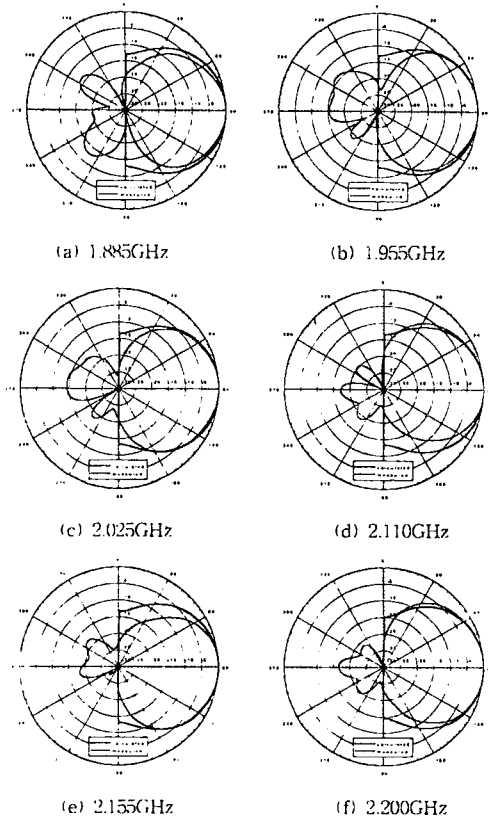


그림 5. 45° 편파 수평패턴의 계산 및 측정결과

#### IV. 결론

본 논문은 차세대 이동통신 IMT-2000에 기지국용 안테나로 사용 가능한 안테나를 설계하기 위해 마이크로 스트립 기판을 사용하지 않고 에어 스트립과 에어 패치를 이용한 ASSAP 구조의 이중편파 안테나를 설계 제작 검토 하였다. 그 결과 전대역에 걸친 고른 반사특성과 격리도 그리고 빔패턴을 얻을 수 있음을 보였다.

#### 참고문헌

- [1] D.M Pozar, "Microstrip antenna aperture coupled to a microstripline", *Electronics letters* vol. 21 no.2 pp. 49-50, Jan. 1985
- [2] U.Wahlberg, Svante Wiedll and Claes Beckman, "The Performance of polarization Diversity Antennas

at 1800 Mhz", to be submitted to the 1997 IEEE AP-S.

[3] Peter L. Sullivan and Daniel H. Scharbert. "Analysis of Aperture Coupled Microstrip Antenna". *IEE Trans AP-34*, no. 8, pp. 981-982. August. 1986

[4] A. G. Derneyed, "Linearly polarized microstrip antenna," *IEEE Trans, AP-24*, NO. 6, pp. 846. Nov., 1976