

IMT-2000 기지국용 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나

조성문¹⁾, 박동국¹⁾

The Dual Polarization Microstrip Patch Antenna for IMT-2000 Base Station

Sung-moon Cho¹⁾, Dong-kook Park¹⁾

ABSTRACT

The microstrip antenna which has the characteristics of the 3~4% narrow bandwidth is not suitable for the IMT-2000 services and is recommended that at least over the 16% of frequency bandwidth is needed for the services. In this paper, we proposed a dual polarized microstrip antenna for IMT-2000. The antenna is fed by both a aperture coupling and 3-dimensional microstrip transition. We simulated the characteristics of the antenna using IE3D and obtained good results for the IMT-2000 base station system.

1. 서 론

마이크로스트립 안테나는 제작이 용이하고 가격경쟁력이 우수하며 크기가 작고 무게가 경량인 장점이 있는데, 이 장점이 직접 회로 기술의 발달로 인한 소형화 추세와 맞물려 지금까지도 많은 연구가 되고 있다. 이동통신 시장은 제 3세대를 맞이하여 셀룰러에서 PCS로 그리고 IMT-2000으로 점차 광대역 서비스를 위한 하드웨어 및 소프트웨어가 발전함으로 인해 소형 경량 안테나의 수요가 급증하는 추세이다.

그러나 일반적인 마이크로스트립 안테나의 경우 3~4 %의 협대역 특성을 가지므로 IMT-2000 서비스를 위해서는 주파수 대역폭이 약 16 % 이상 되는 안테나가 필요하다. 그래서 L자 형태의 급전 구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 패치안테나[1], Π -매칭회로를 이용한 개구결합 마이크로스트립 패치안테나[2], 스키톤 슬롯 어레이 안테나[3]등의 광대역 마이크로스트립 패치 안테나가 제안되었다. 그러나 위의 제안된 안테나들은 단일편파 안테나로서 이동 전파환경에서 페이딩 현상으로 시스템의 성능이 저하되는 문제점이 있다. 또한 이러한 페이딩 현상의 성능저하를 개선하기 위해 L급전과 개구결합을 사용한 이중편파 안테나가 제안되었다[4]. 그러나 제안된 안테나는 적층구조 형태이므로 물리적인 크기를 증가시켜야 하고 제작비용이 증가하는 문제점이 있다.

이에 본 연구에서는 개구결합 급전 방법과 3차원 급전 방법을 이용하여 단일 패치로 이중편파 특성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하고, 안테나의 파라미터 변화에 따른 안테나의 특성 변화를 조사하여 안테나를 설계하고 제작하여 실험하였다.

1) 한국해양대학교 전자통신공학과

2. 안테나 구조 및 설계 파라미터

개구결합·급전방법과 3차원 급전 방법을 이용한 이중편파 특성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 구조를 그림 2-1에 나타내었다. 포트1은 50 Ω 급전선이 기판의 일정 위치에서 두 개의 100 Ω 급전선으로 나누어지면서 중심에서 일정한 간격으로 상호 대칭적으로 떨어져있는 이중음섿 개구결합 급전 구조이다[5]. 이중음섿 개구결합 급전은 임피던스 대역폭을 넓게하고 급전선로와 방사소자사이에 접지판이 위치해 있어 기생방사의 간섭을 최소화 할 수 있을 뿐 아니라 단일음섿 급전에서 발생하는 교차편파 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다. 포트2는 패치와 마이크로스트립 급전선로를 공간적으로 연결해주는 3차원 마이크로스트립 급전구조이다[6]. 3차원 급전은 패치와 급전선의 높이를 조정해서 복사특성과 전송특성을 알맞게 강화하는 것이 가능하다는 장점이 있으나, 3차원 급전부의 표면이 넓어짐에 따라 3차원 급전부의 방사량이 커져 부엽준위가 커지는 단점이 있다[7].

개구결합 급전방법과 3차원 급전 방법을 이용한 마이크로스트립 패치 안테나는 그림 2-1같은 설계 파라미터들을 가지고 있다. 급전기판은 유전율 3.38에 두께가 0.81 mm인 로저스(Rogers)사의 RO4003 기판을 사용하였다. 슬롯의 폭(w_s)은 IMT-2000 중심주파수에서 0.02λ 로 고정하였고 슬롯에 대한 패치의 위치는 패치의 중앙에 슬롯이 위치하도록 하였다.

모의 실험(simulation)은 상용 프로그램인 IE3D를 사용하였으며 주파수 대역은 IMT-2000 대역을 포함하는 1.5~2.5 GHz 범위에 대하여 조사하였다. 또한 안테나 고유의 특성을 측정하고자 급전선로의 전기적인 길이를 고려하여 포트1은 기준면(reference plane)을 50 Ω 선로가 100 Ω 선로로 나누어지는 부분으로 하고 포트2는 기준면을 50 Ω 선로가 3차원 선로와 만나는 부분으로 하여 모의 실험을 하였다.

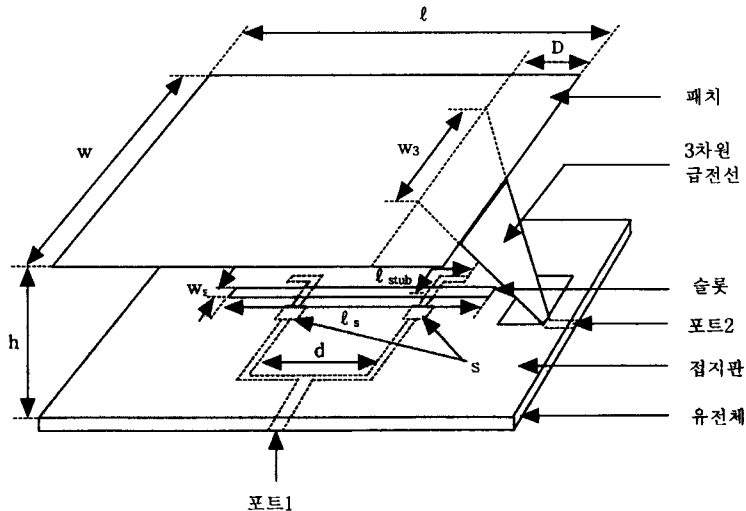


그림 2-1. 개구결합 급전과 3차원 급전을 이용한 마이크로스트립 패치 안테나구조와 설계 파라미터

3. 파라미터 변화에 따른 안테나의 특성변화

그림 2-1의 설계 파라미터들 변화에 따른 안테나의 특성변화를 조사하고, 이것을 바탕으로 IMT-2000 주파수 범위에서 반사손실이 10 dB 이상이고, 두 단자간의 격리도가 30 dB 이상이 되는 안테나를 4장에서 설계하고자 한다.

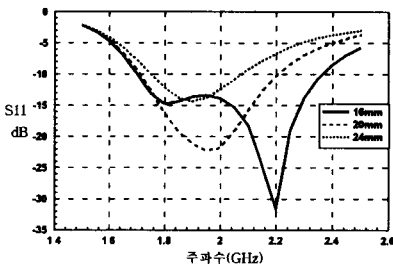
개구결합으로 급전되는(포트1) 안테나의 길이(w) 및 폭(ℓ)과 3차원 급전으로 급전되는(포트2) 안테나의 길이(ℓ) 및 폭(w)의 변화에 따른 안테나 특성을 모의실험한 결과, 길이가 길어질수록 공진 주파수가 낮아지며, 패치 폭의 변화에 따라 안테나의 임피던스의 변화는 미비한 것을 알 수 있었다. 이것은 일반적인 마이크로스트립 안테나의 특성과 동일한 결과이다.

패치와 접지판 사이의 거리(h)가 변함에 따라 포트1에서는 거리가 좁아질수록 대역폭이 늘어나는 것을 그림 3-1 (a)에서 알 수 있고, 포트2에서는 거리가 멀어질수록 공진 주파수가 내려오면서 정합이 잘되는 것을 그림 3-1 (b)에서 알 수 있다. 따라서 두 포트를 IMT-2000 주파수 대역에서 동시에 임피던스 정합을 하기 위해서는 패치와 접지판 사이의 거리(h)의 선정이 아주 중요함을 알 수 있다.

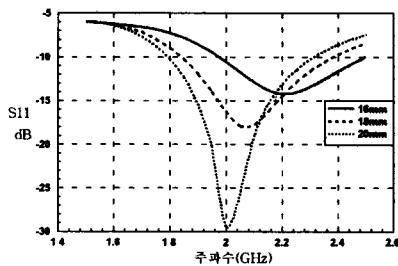
그리고 포트1의 슬롯 길이(ℓ_s)를 이용하여 전송선로와 복사패치 사이의 결합(coupling)양을 조절할 수 있음을 알 수 있다. 또한 포트1의 스텐브 길이(ℓ_{stub})를 12 mm, 14 mm, 16 mm로 변화시킬 때는 스텐브의 길이가 짧아질수록 대역폭이 늘어나는 것을 그림 3-2에서 알 수 있다.

포트1의 두 100 Ω 선로 사이의 간격(d)이 26 mm, 30 mm, 34 mm로 멀어질수록 정합이 잘되는 것을 그림 3-3에서 알 수 있고, 정합섹션이 없는 경우와 면적(s)이 2.5 mm \times 2.5 mm인 경우 및 3.5 mm \times 3.5 mm인 경우에 대해 모의실험을 한 결과, 면적이 넓어질수록 입력임피던스가 높아지는 것을 그림 3-4로부터 알 수 있다.

포트2의 3차원 급전선의 폭(w_3)이 30 mm, 40 mm, 50 mm로 변화는 경우 폭이 넓어질수록 광대역이 되면서 공진 주파수가 높아지는 것을 그림 3-5으로부터 알 수 있다. 반면에 급전선의 위치(D)가 20 mm, 25 mm, 30 mm로 커짐에 따라 공진 주파수가 낮아지면서 임피던스 궤적이 스미스차트 상에서 오른쪽으로 이동하며 크기가 작아지는 것을 그림 3-6로부터 알 수 있다. 그림 3-5와 그림 3-6으로부터 급전선의 폭과 위치에 따라 안테나의 공진주파수가 변하는 것을 볼 수 있다. 이것은 바람직하지 않은 현상으로서 3차원 급전 패치 안테나를 설계시 주의를 해야할 점이다.



(a) 포트1 반사손실



(b) 포트2 반사손실

그림 3-1. 패치와 접지판 사이 거리(h) 변화에 따른 안테나 반사손실 및 입력임피던스 변화

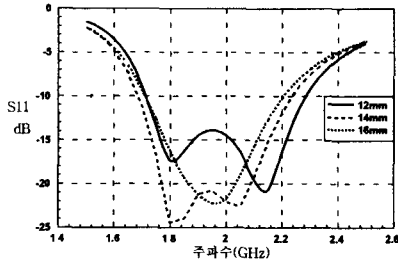


그림 3-2. 포트1의 스텐브 길이(l_{stub}) 변화에 따른 입력임피던스 변화

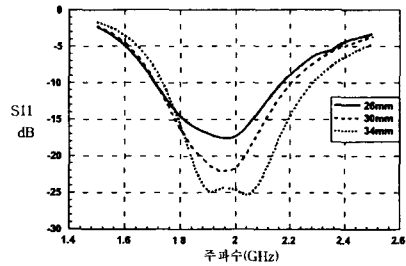


그림 3-3. 포트1의 급전선사이의 거리(d) 변화에 따른 반사손실 변화

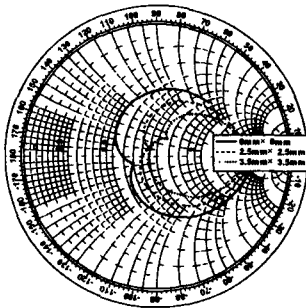


그림 3-4. 포트1의 정합섹션 면적(s) 변화에 따른 입력임피던스 변화

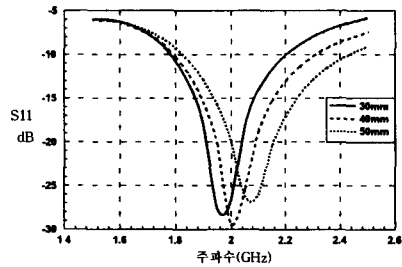
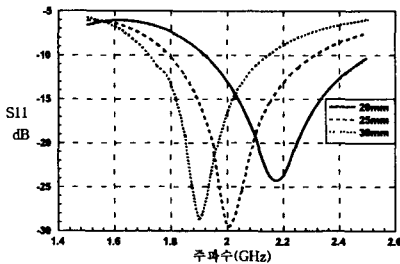
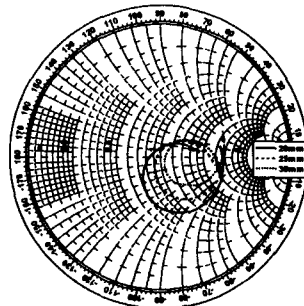


그림 3-5. 포트2의 3차원 급전 폭(w_3) 변화에 따른 반사손실 변화



a) 포트2의 반사손실



(b) 포트2의 입력임피던스

그림 3-6. 포트2의 3차원 급전 위치(D) 변화에 따른 반사손실 및 입력임피던스 변화

4. 안테나 제작 및 특성

4-1. 안테나 설계

3장의 모의 실험을 통하여 패치와 접지판 사이의 거리(h)가 작을수록 포트1은 넓은 대역폭을 가지나, 포트2는 거리(h)가 클수록 좋은 특성을 나타내는 것을 알 수 있었는데, 3차원 급전보다는 개구결

함으로 급전되는 단자가 설계할 수 있는 파라미터가 많이 있으므로 패치와 접지판 사이의 거리(h)를 3차원 급전에서 가장 정합이 좋은 20 mm로 결정하였다. 이에 따른 포트1쪽의 복사패치와 전송선로 간의 결합이 감소하게 되는데, 이것은 슬롯의 길이(l_s)를 크게 하고, 급전선 사이의 거리(d)를 적절하게 조정하여 보상하였다.

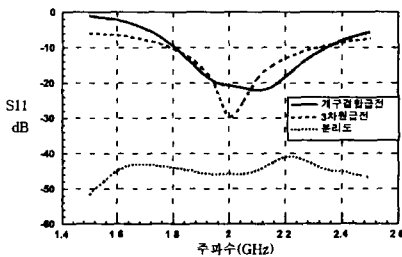
정합섹션의 면적(s)은 주파수에 따른 입력임피던스의 궤적의 중심이 스미스차트 중심에 위치 할 수 있도록 선택하였다 최종적으로 스텐브 길이(l_{stub})를 가지고 정합 튜닝을 하였는데 길이가 16 mm일 때 목표주파수 대역에서 제일 좋은 정합특성을 나타내었다.

3차원 급전의 폭(w_3)은 IMT-2000 중심주파수에서 정합특성이 좋은 40 mm로 하였고 급전의 위치(D)는 패치와 별도의 정합스터브 없이 정합특성이 좋은 위치인 25 mm로 하였다.

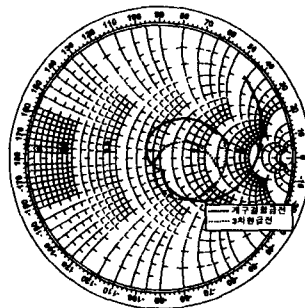
설계한 안테나 치수를 정리하여 표 4-1에 나타내었다.

표 4-1. 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나의 치수

항 목	치 수
패치 길이(폭) (l)	66 mm
패치 폭(길이) (w)	52 mm
3차원급 전선 폭 (w_3)	40 mm
3차원급 전선 위치 (D)	25 mm
패치와 접지판 사이 거리 (h)	20 mm
급전선 사이 간격 (d)	30 mm
슬롯의 길이 (l_s)	52 mm
슬롯의 폭 (w_s)	1.7 mm
정합섹션 면적 (s)	2.5 mm×2.5 mm
스터브의 길이 (l_{stub})	16 mm

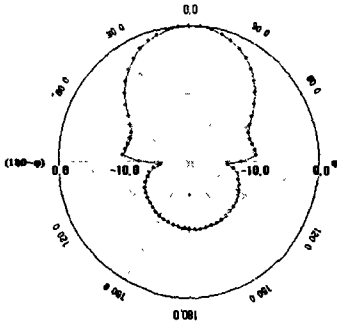


(a) 반사손실 및 분리도

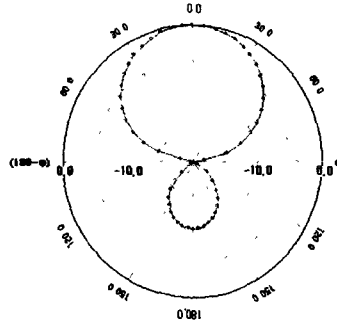


(b) 입력임피던스

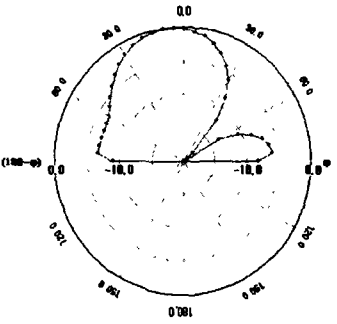
그림 4-1 개구결합 급전과 3차원 급전시 반사손실 및 입력임피던스



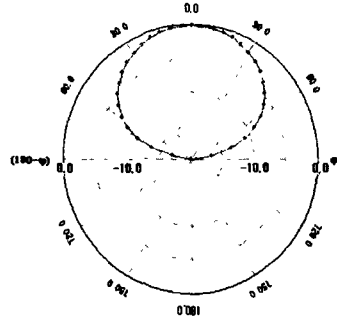
(a) 개구결합 E-평면



(b) 개구결합 H-평면



(c) 3차원급전 E-평면



(d) 3차원급전 H-평면

그림 4-2. 복사패턴(2 GHz)

4-2. 설계한 안테나의 모의 실험 및 측정 결과

표 4-1의 안테나를 모의 실험한 결과를 그림 4-1과 4-2에 나타내었다. 10 dB기준으로 개구결합 급전 포트에서 임피던스대역폭은 23%이며, 3 dB 빔폭은 E평면 68°, H평면 75°, 이득은 7.8 dBi이고, 3차원 급전 포트에서 임피던스대역폭은 개구결합과 동일한 23%이며, 3 dB 빔폭은 E평면 36°, H평면 99°, 이득은 7.4 dBi 의 결과를 얻었다. 분리도는 전대역에 걸쳐 41 dB 이상이었다. 그림 4-2 (c)에서 약 55° 방향에 영(null)점이 생기는 것을 볼 수 있는데, 이것은 3차원 급전선에서의 방사 영향으로 사료된다.

표 4-1을 근거로 개구결합 급전과 3차원 급전을 이용한 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하였다. 그림 4-3에 제작한 안테나의 사진을 나타내었다. 사용기판은 로저스(Rogers)사의 RO4003 기판(유전율 3.38)을 사용하였고 HP사의 8722DS 회로망분석기를 사용하여 안테나의 S파라미터와 입력임피던스를 측정하였다. 중심주파수 2 GHz, 10 dB 기준으로 임피던스 대역폭이 개구결합 급전포트(포트1)가 30%, 3차원 급전포트(포트2)는 11.3%로 모의실험 결과와 다소 차이를 보였다. 분리도 또한 -30 dB 이상되는 부분이 있었다.

3차원 급전포트의 안테나의 특성을 개선하기 위해 3차원 급전 위치(D)를 패치의 끝단(0 mm)으로 이동하였으며, 이것으로 인해 그림 3-6에서 보듯이 중심주파수가 증가하게 되므로 이것을 보상하기 위해 패치와 접지판 사이의 거리(d)를 2 mm 늘리는 튜닝 작업을 통하여 3차원 급전포트의 반사손실 및 분리도 특성을 개선하였다

안테나를 튜닝한 상태에서 측정된 결과를 그림 4-4에 나타나있다 개구결합 급전 포트에서 임피던스대역폭 21%, 3차원 급전 포트에서 임피던스대역폭 17%, 포트의 분리도는 30 dB이상의 결과를 얻었다

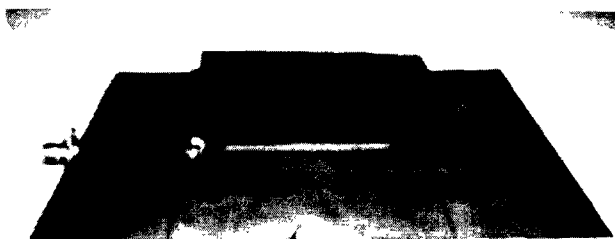
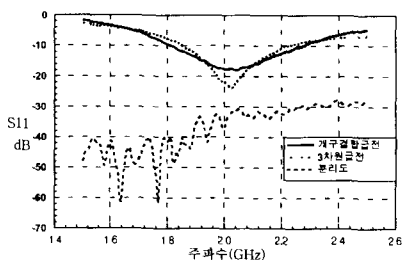
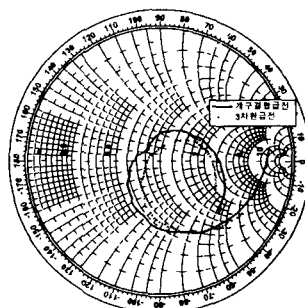


그림 4-3 제작된 안테나



(a) 반사손실 및 분리도



(b) 입력임피던스

그림 4-4. 개구결합 급전과 3차원 급전을 이용한 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실 및 입력임피던스

5. 결 론

본 논문에서는 이중윅셋 개구 결합 급전방법과 3차원 급전방법을 이용하는 이중 주파수 패치 안테나를 설계하였다. 안테나 파라미터의 변화에 따른 안테나 특성 변화를 모의실험을 통해 조사하였고, 이것을 이용하여 각 포트의 임피던스 대역폭이 17%가 넘고, 포트 사이의 분리도가 30 dB 이상인 IMT-2000 주파수 범위에서 동작하는 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하였다. 모의실험한 안테나의 이득은 약 7.5 dB_i로서, 본 논문에서 제안한 안테나를 배열하면, 편파 다이버시티를 이용하는 IMT-2000 기지국용 안테나 개발에 응용이 가능하리라 예상된다.

참고문헌

- [1] 김종규, 이호준, 오환술, "L자 형태의 급진구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 패치 안테나", *한국전자과학회논문집*, 제12권, 5호, pp 827-836, 2001년 8월
- [2] 이광덕, 최재훈, "PCS/IMT-2000 기지국용 마이크로스트립 패치 배열 안테나 설계", *2001년 춘계 마이크로파 및 전파학술대회 논문집*, 제24권, 1호, pp 303-306, 2001년 5월
- [3] 이용희, 이택경, "PCS/IMT-2000 기지국용 스킴톤 슬롯 어레이 안테나", *2001년 춘계 마이크로파 및 전파학술대회논문집*, 제24권, 1호, pp.299-302, 2001년 5월
- [4] 노재원, 문병배, 이택경, "PCS/IMT-2000 중계기용 광대역 이중 편파 안테나", *2001년 춘계 마이크로파 및 전파학술대회논문집*, 제24권, 1호, pp 307-310, 2001년 5월
- [5] S. D. targonki, R. B Waterhouse, D M. Pozar, "Design of wide-band aperture-stacked patch microstrip antennas," *IEEE Tran. Antennas Propagat.*, Vol. 46, No. 9, pp 1245-1251, Sep 1998.
- [6] N. Herscovici, "New considerations in the design of microstrip antenna," *IEEE Trans Antennas Propagat.*, Vol.46, No. 6, pp. 807-812, Jun., 1998
- [7] 오희태, 조민규, 김형동, "광대역 3차원 마이크로스트립 안테나의 설계", *한국전자과학회논문집*, 제 10권, 5호, pp.727-737, 1999년 9월