
3차원 천이를 이용한 마이크로스트립 패치 안테나

박동국* · 최형동*

Microstrip patch antenna using 3 dimensional microstrip transition

Dong-kook Park* · Hyoung-dong Choi*

이 논문은 1999년도 정보통신부의 산학연 공동기술개발 사업에 의해 지원 받았음

요약

본 논문에서는 3차원 천이를 이용한 마이크로스트립 패치 안테나를 사용하여 PCS 주파수 대역에서 VSWR 1.3 이하의 광대역 특성을 갖는 안테나를 제안한다. 실험적으로 안테나 설계 파라미터들의 변화에 따른 임피던스의 변화를 측정하여 원하는 특성을 만족하는 안테나 파라미터를 구하고, 서로 수직한 편파 특성을 갖는 두 개의 안테나를 사용하여 편파 다이버시티 배열 안테나를 제작하여 PCS 기지국 안테나로의 응용 가능성을 검토한다.

ABSTRACT

In this paper, we design a microstrip patch antenna using 3-dimensional microstrip transition with the VSWR ≤ 1.3 over the PCS band (1.75 -1.87 GHz). We study experimentally the effect of the antenna parameters on antenna input impedance. And using the proposed antenna, we fabricate a polarization diversity array antenna and discuss the possibility of antenna for PCS base station.

키워드: 패치 안테나, 3차원 천이 마이크로스트립, 광대역 안테나, PCS 안테나

1. 서론

마이크로스트립 패치 안테나는 제작이 쉽고, 가벼우며, 가격이 저렴하고 안테나의 부착이 용이하지만 주파수 대역폭이 매우 좁은 단점이 있어 이것을 개선하기 위해 지금까지 많은 연구와 발전이 있어왔다. 최근 3차원 구조의 마이크로스트립 천이(transition)를 사용하여 광대역의 패치 안테나를 개발한 연구 결과가 발

표되었다[1]-[3]. 본 논문에서는 이러한 3차원 구조의 마이크로스트립 패치 안테나를 사용하여 PCS 주파수 대역에서 VSWR 1.3 이하의 광대역 특성을 갖는 안테나의 설계에 대해 살펴보고자 한다.

3차원 구조의 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나에 존재하는 표면파 성분이 제거되고, 패치와 접지면의 높이를 높여서 패치의 복사특성을 강화할 수 있으며, 유전체 및 표면파

* 한국해양대학교 전파정보통신공학부
접수일자 2001. 5. 28

손실이 제거되며, 안테나의 특성이 온도에 따라 변하지 않는 장점이 있다.

II장에서 단일소자 안테나에 대해 안테나 파라미터의 변화에 대한 입력 임피던스의 정합 특성을 실험적으로 살펴보았으며, III장에서 편파 다이버시티용 PCS 기지국 안테나로의 응용 가능성을 검토하기 위하여 배열안테나를 설계하여 특성을 실험하였고, IV장에서는 결론을 기술하였다.

II. 단일 소자 안테나의 설계 및 측정

1. 안테나의 구조

본 논문에서 설계하고자 하는 3차원 천이를 이용한 마이크로스트립 패치 안테나를 그림 1에 나타내었다. 일반적인 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭을 개선하기 위하여, 그림 1처럼 접지면과 패치 사이에 유전체를 제거하고, 3차원 급전구조를 사용하였으며, 2개의 사각형 복사 패치를 사용하였다. 50Ω의 마이크로스트립 급전선로가 유전체 슬랩에 만든 구멍(hole)을 통해 유전체 접지면 위에 놓여 있는 아래쪽 사각형 패치에 3차원 마이크로스트립 천이로 연결이 된다. 이러한 구조는 안테나의 복사 패치와 급전선로가 분리가 되므로, 어레이를 제작할 때 복잡한 급전선로에서 야기되는 불요방사를 제거할 수 있어 유리하다.

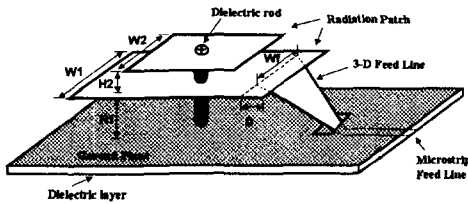


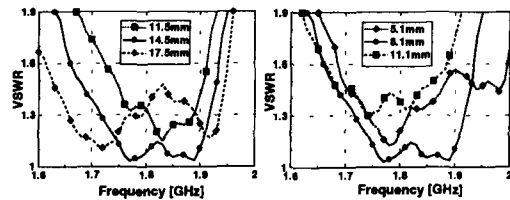
그림 1. 3차원 마이크로스트립 천이를 사용한 이중 패치 안테나 설계 파라미터
Fig1. Design parameters of dual-patch antenna using 3-dimensional microstrip transition

사각형 패치의 중심부분에 유전체 봉을 사용하여 2개의 사각형 복사 패치를 지지하였고, 두께 1.6mm인 FR4 기판에 마이크로스트립 급전선로를 제작하였으며, 두께 0.2t의 동판을 사용하여 패치를 제작하였다. 사각형 패치의 길이는 PCS 주파수 대역의 중심주파수

인 1.81GHz에서 아래 패치의 길이는 약 0.48λ인 80mm, 위쪽 패치의 길이는 약 0.38λ인 64mm로 고정을 하였다.

2. 복사 패치와 접지면 및 복사 패치 사이의 간격 변화에 대한 영향

위쪽에 놓여 있는 패치와 아래쪽에 놓여 있는 패치 사이의 간격(H2)과 아래쪽 패치와 접지면과의 간격(H1)에 따른 안테나의 임피던스 변화를 측정하여 그림 2에 각각의 경우에 대한 VSWR을 나타내었다. 아래 패치의 폭(W1)은 56mm, 위 패치의 폭(W2)은 53mm이며, 3차원 급전선의 급전위치(D)는 12mm, 급전선 폭(Wf)은 21mm 일 때, 그림 2 (a)는 H2를 8.1mm로 고정하고 H1을 변화시켰으며, 그림 2 (b)는 H1을 14.5mm로 고정하고 H2를 변화시켜 VSWR의 변화를 측정하였다. 두 파라미터 모두 임피던스 변화에 매우 민감함을 알 수 있다. 따라서 안테나를 제작할 때 안테나의 높이를 정확히 유지하는 것이 중요함을 알 수 있다. 그림 2에서 H1 = 14.5mm, H2 = 8.1mm 일 때가 다른 것에 비해 양호한 특성을 나타내는 것을 볼 수 있다.

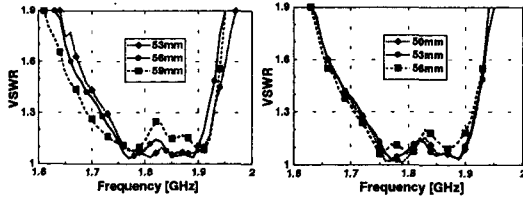


(a) H1 (b) H2
그림 2. 패치의 높이에 따른 VSWR 변화
Fig. 2 VSWR as function of height of patch

3. 복사 패치의 폭의 변화에 대한 영향

그림 1의 두 개의 사각형 패치의 폭(W1, W2)에 따른 변화를 조사하였다. 3차원 급전선의 급전위치(D)는 12mm, 급전선 폭(Wf)는 21mm, H1은 14.5mm, H2는 8.1mm일 때, 그림 3 (a)는 W2가 53mm로 고정하고 W1을 변화시켰으며, 그림 3(b)는 W1을 56mm로 고정하고 W2를 변화시켰다. 폭 W1이 53 mm 에서 59 mm 까지 변하는 경우와 폭 W2가 50 mm에서 56 mm 까지 변하는 경우 모두 원하는 대역 내에서 VSWR이 1.3 이하가 됨을 알 수 있다. 그러므로 패치 폭의 변화

에 대한 임피던스의 변화는 예민하지 않음을 알 수 있었다.



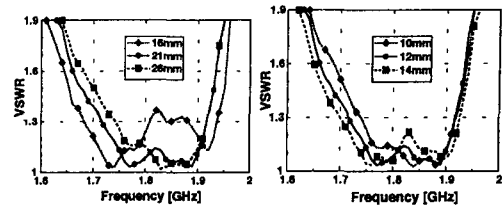
(a) W1 (b) W2
그림 3. 패치 폭에 따른 VSWR 변화
Fig. 3 VSWR as function of width of patch

4. 3차원 급전선의 변화에 대한 영향

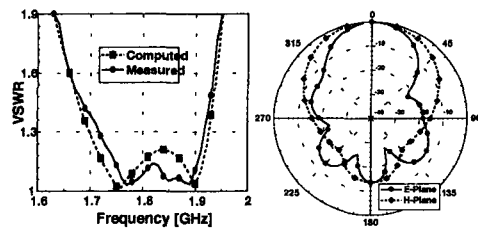
아래 패치의 폭 $W1 = 56\text{mm}$, 위 패치의 폭 $W2 = 53\text{mm}$, $H1 = 14.5\text{mm}$, $H2 = 8.1\text{mm}$ 일 때 Wf 를 21mm 로 고정하고 3차원 급전점의 위치(D)가 10mm , 12mm , 14mm 로 변하는 경우와 D를 12mm 로 고정하고 폭(Wf)가 각각 16mm , 21mm 및 26mm 로 변하는 경우에 전압정재파비를 측정하여 각각 그림 4 (a)와 (b)에 나타내었다. 그림 4 (a)에서 보듯이 급전점의 위치 D가 14mm 인 경우가 다른 것에 비해 광대역이 되는 것을 알 수 있다. 그리고 아래패치와 접지면 사이의 간격 $H1$ 이 클수록 D가 작아지는 것을 실험적으로 알 수 있었다. 한편 일반적으로 단일 패치를 사용하는 3차원 마이크로스트립 천이 안테나의 경우 Wf 가 클수록 광대역 특성을 갖지만[3], 그림 4 (b)과 같이 이중 패치를 사용하는 경우 두 패치 사이의 상호 결합에 의해 Wf 가 21mm 일 때 광대역 특성을 갖는 것을 볼 수 있다.

5. 모의 실험

지금까지 안테나의 각 파라미터 변화에 대한 안테나의 특성 변화를 측정하였다. 이 결과를 토대로 PCS 주파수 대역에서 VSWR 1.3 이하의 조건을 만족하는 안테나 파라미터의 값을 구하면 아래 패치의 폭은 56mm , 길이는 80mm , 위 패치의 폭은 53mm , 길이는 64mm , 아래 패치와 접지면과의 간격은 14.5mm , 위 패치와 아래 패치의 간격은 8.1mm , 3차원 급전선의 폭 Wf 는 21mm , 위치 D는 12mm 이었다. 이러한 치수를 갖는 안테나의 특성을 Ansoft사의 HFSS를 사용하여 모의실험(simulation)을 하여 보았다. 정재파비에 대해 실험치와 모의실험 값을 비교하여 그림 5 (a)에 나타



(a) D (b) Wf
그림 4. 3차원 급전점 및 급전선폭의 변화에 따른 VSWR 특성
Fig 4 VSWR as function of feeding position and width of 3-D feed line



(a) VSWR (b) 복사패턴
그림 5. 안테나의 모의실험 특성
Fig 5 Simulation results of the proposed antenna

내었다. 모의실험과 측정치가 잘 일치함을 알 수 있다. 측정결과 중심주파수 1.8GHz 에서 VSWR 1.3이하의 주파수 대역폭이 약 11.23%가 되었으며, 모의실험으로 구한 안테나의 이득은 약 9.7dB 가 되었다. 그림 5 (b)에 모의실험한 E- 및 H-면 복사패턴을 나타내었다.

III. 배열 안테나

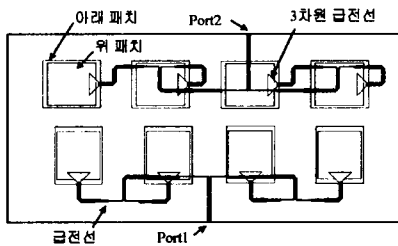
보통의 이동 전파환경에서 무선링크는 심한 페이딩(fading)을 겪게 된다. 이를 개선하기 위해 다이버시티 수신 기법을 사용하고 있으며, 편파다이버시티 기법이 공간다이버시티 기법보다 페이딩 현상에 더 우수한 성능을 나타내고 있는 것으로 보고되고 있다[4],[5].

그러므로 II장의 단일 패치 안테나에 대한 결과를 이용하여 편파 다이버시티를 이용하는 PCS 기지국용 안테나에의 응용 가능성을 검토해 보았다. 편파 다이버시티를 구현하기위해 본 연구에서는 다소 고전적인 방법이지만 서로 수직한 편파 특성을 갖는 두 개의 안테나를 하나의 안테나 기본 단위요소로 사용하였다.

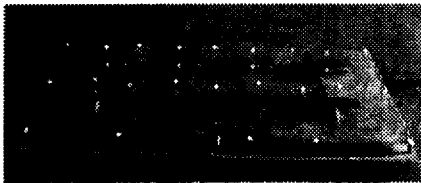
그림 6 (a)에 제작한 편파 다이버시티용 패치 배열 안테나의 개략도를 나타내었으며, 그림 6 (b)에 제작

한 안테나의 사진을 보였다. 안테나 후방부로의 복사를 차단하기 위해 마이크로스트립 선로로부터 약 10mm 높이에 도체판을 설치하였다. 단자(port) 1과 단자 2는 서로 수직한 편파 특성을 갖고 있으며, 각 편파당 4개의 안테나로 배열 안테나를 구성하였다. 배열 안테나의 전체 크기는 600×280 mm이면 각 패치 사이의 간격은 중심주파수인 1.8 GHz에서 0.82λ인 136 mm이다. 각 안테나는 2단 Wilkinson 전력분배기를 이용하여 균일 급전을 하였다.

각 단자에서의 전압정재파비 및 단자 1과 단자 2의 격리도(S_{21})를 측정하여 그림 7에 나타내었다. PCS 주파수 내역인 1.75 GHz ~ 1.87 GHz에서 VSWR이 1.3이하이며, 단자간의 격리도 S_{21} 도 -25 dB 이하로 측정이 되었다. 또한 그림 8에 측정한 복사패턴을 나타내었다. 단자 1과 단자 2의 E-평면 복사패턴에서 부엽(sidelobe)은 -13 dB, 전후방비(F/B)는 30 dB 이상이 되었다. 제작된 배열 안테나의 이득은 단자 1의 경우 12.7 dBi, 단자 2의 경우 11.7 dBi 로 측정되었다. 이득이 설계치 보다 약 3dB 정도 차이를 보이는데, 이것은 비교적 손실이 큰 FR4 기판을 사용하여 배열 안테나의 급전선을 제작하였기 때문으로 사료된다.



(a) 배열 안테나의 개략도



(b) 제작한 배열 안테나 사진
그림 6. 제작한 배열 안테나
Fig 6 The fabricated array antenna

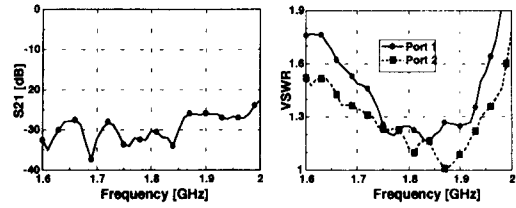
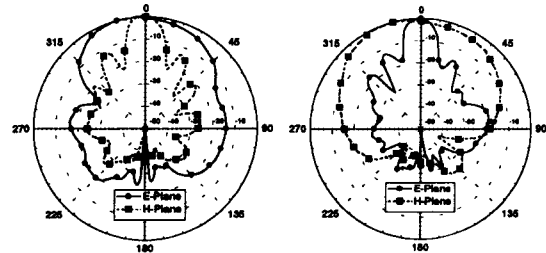


그림 7. 제작된 배열 안테나의 VSWR 및 격리도(S_{21}) 특성
Fig 7 Measured VSWR and S_{21} of the array antenna



(a) 단자 1 (b) 단자 2
그림 8. 배열 안테나의 복사특성

Fig 8. Measured radiation pattern of the array antenna

IV. 결론

본 논문에서는 3차원 천이를 이용한 마이크로스트립 패치 안테나를 사용하여 1.75 GHz ~ 1.87 GHz의 주파수 대역에서 VSWR < 1.3인 안테나를 설계하는 방법을 살펴보았으며, 단일 안테나 4개로 구성된 배열 안테나를 제작하여 편파 다이버시티 특성을 갖는 안테나를 제작하여 특성을 측정하였다. 본 논문에서 제안한 3차원 천이 마이크로스트립 패치 안테나를 각 편파당 8개정도 사용하고, 손실이 적은 유전체 기판을 사용하여 배열 안테나를 구성하는 경우 편파 다이버시티 특성을 갖는 PCS 기지국 안테나로서 사용할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 안테나 구조의 치수를 적절히 수정하면 IMT-2000 주파수 대역에서도 설계를 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] N. Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat, vol. 46, no. 4, pp. 471-474, 1998.
- [2] N. Herscovici, "New considerations in the design

- of microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat, vol. 46, no. 6, pp. 807-812, 1998.
- [3] N. Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna," in IEEE Antennas Propagat. Soc. Symp. Dig., pp. 1108-1111, 1998.
- [4] Rodney G. Vaughan, "Polarization diversity in mobile communications", IEEE Trans. Vehicular Technology, vol. 33, no.4, pp. 177-186, Aug. 1990
- [5] Shigeru Kozono, "Base station polarization diversity reception for mobile radio", IEEE Trans. Vehicular Technology, vol. 33, no. 4, pp. 301-306 Nov. 1984



박동국(Dong-kook Park)

1987. 2 부산대학교 전자공학과 (공학사)

1989. 2 KAIST 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1994. 8 KAIST 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1994. 8 ~ 1996. 3 LG전자 선임연구원

1996. 4 ~ 현재 한국해양대학교 조교수

2000. 1 ~ 2001. 1 미국 UCLA 전기공학과 방문교수

※관심분야 : 안테나, 초고주파 소자, 수치해석



최형동(Hyoung-dong Choi)

2001. 2 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)

2000. 8 ~ 현재 엔알디 주식회사 연구원

※관심분야 : 안테나, 필터