
H자형 개구 결합 구조를 갖는 PCS 중계기용 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 제작

이중기** · 정찬권* · 강영진*

Design and Fabrication of a Microstrip Patch Antenna with H-shape Aperture-Coupled structure for PCS Repeater

Jung-Gi Lee** · Chan-gwoun Jeoung** · Young-jin Kang*

요 약

본 논문에서는 개구 결합형 급전구조 (aperture coupled feed)를 이용하여 비교적 높은 이득과 광대역 특성을 갖는 마이크로스트립 안테나(Microstrip patch antenna)를 PCS 대역의 (1750~1870MHz) 중계기용 안테나로 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 일반 개구결합 안테나의 특성을 개선하기 위해 결합 슬롯을 H자 형태로 변형하였고, 이 H자형 슬롯은 급전과 패치 사이의 결합을 증가시키는 동시에 안테나 뒷단으로부터의 백로브(back lobe)를 줄여 안테나의 이득을 최대화 시킨다. 제작한 안테나를 측정된 결과 PCS 대역인 1750~1870[MHz]에서 VSWR은 1.5이하였고 이득은 7.5dBi 이상이었으며 빔폭은 80°가 되어 전파 음영 지역이나 빌딩내에서 PCS 이동통신 서비스를 원활히 수행 하는데 활용 될 수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper is designed and produced the microstrip patch antenna which used aperture coupled feed structure, and had a comparatively high gain and broadband characteristic with a PCS substitution repeater antenna. The proposed antenna transformed a coupled slot into a H-type in order to improve a characteristic of a general aperture coupled feed antenna. It is this H-type form slot reduces back lobe from the antenna backside at the same time that a coupling between a power feed and patches is increased, and to have maximized a gain of an antenna. As a result of having measured the antenna which the VSWR was 1.5 or below and tied up the gain than 7.5dBi in the 1750~1870[MHz] that was a PCS substitution, and a beamwidth became in 80° and radio waves shadow was local, but accomplishment did PCS mobile communication service in building me smoothly, but confirmed what practical use can become.

키워드

microstrip patch antenna, aperture coupled feed, PCS, repeater

I. 서론

최근 들어 이동 통신용 단말기를 통해 더욱더 많은 양의 정보를 송·수신 하고자 하는 욕구가 커지고 이에 따

라 이동 통신에 대한 소비자의 수요 급증 및 보편적인 서비스에 있어서 중요시되는 안정된 통화 품질이 확보 되어야 하는 반면, PCS대역은 전파의 회절성이 낮아 음영 지역이 많이 발생하는 한계가 있다.

* 원광대학교 전기전자 및 정보공학부
** 주) 유타렉스

이러한 한계를 극복하기 위해 최근에는 GPS(Global Positioning System), DBS(Direct Broadcasting Satellite), 개인휴대통신(PCS : Personal Communication System), WLAN(Wireless Local Area Networks)등 위성 및 이동통신의 모든분야에 걸쳐 수요가 증가되고 있는 마이크로스트립 구조의 안테나를 전파 음영 지역과 빌딩내의 중계기용으로 설치 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

손쉽게 설치가 가능하고 제작이 용이하며 대량생산이 가능한 마이크로스트립 안테나는 다른 안테나에 비하여 견고하고 가격도 저렴하며 부피가 작고 가볍다는 장점을 갖는 반면 좁은 대역폭과 낮은 효율을 갖는 단점이 있다. 이러한 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하기 위해 그동안 많은 연구가 진행되어져 왔으며 여러 가지 방법들이 꾸준히 제시 되었다.

마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가 시키기 위한 방법으로는 기판의 유전율을 낮추는 방법과 기판의 두께를 증가시키는 방법이 있는데 실제 기판의 유전율을 낮추는 데에는 한계가 있으며 기판 사용에 따른 제작 비용이 증가할 뿐만 아니라 유전손실이 발생하게 된다. 또한 기판의 두께가 두꺼워 질수록 대역폭이 늘어나는 반면에 표면파가 증가하게 되어 효율이 떨어지게 되고 패턴의 왜곡을 일으키게 된다[1]~[3].

그밖에 패치의 형태를 변형시키는 방법(reactive load, bow-tie형태), 기생소자를 추가하는 방법(parasitic patch, shorting pin), 적층형 구조(stacked, air gap을 이용)등을 사용하는 방법이 있는데 이들 구조는 동일 평면 또는 다른 층으로의 물리적 크기를 증가시켜야 하고 여러 장의 패치를 사용하는 데서 오는 제작비용의 증가와 배열 안테나를 구현 할 때 단일 패치에 비해 튜닝 작업이 복잡하고 어려워지게 되는 단점을 갖고 있다.

따라서, 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가시키기 위해 3차원 급전구조(3D-transition)를 갖는 마이크로스트립 안테나에 H자 형태의 슬롯이 있는 마이크로스트립 안테나를 제안하고[7]~[9], 안테나의 향상된 특성을 검증하기 위해 일반 구형 마이크로스트립 안테나를 설계하여 그 특성과 비교 하고자한다.

안테나의 특성 분석은 MOM(method of moment)을 이용하여 해석하였으며, 상용 Tool인 Ensemble 6.1 simulator를 사용하였다.

II. 일반적인 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나

개구결합형 급전구조의 안테나는 접지면을 기준으로 하층의 유전체에 마이크로스트립 급전선로가 있으며, 접지면에 있는 작은 개구(aperture)를 통하여 전자기적 결합에 의해서 상층의 유전체에 있는 방사소자와 결합시켜 안테나를 급전한다. 이러한 급전 방식은 접지면에 의해서 방사소자와 급전선로가 서로 격리되어 있기 때문에 방사소자와 급전선로의 독립적인 설계가 가능하다.

방사소자가 위치한 곳에 사용되는 유전체는 유전율이 낮고 두께가 두꺼운 유전체를 사용하여 안테나의 방사효율과 대역폭 특성을 개선시킬 수 있으며, 급전선로가 위치한 곳에 사용되는 유전체는 유전율이 낮고 두께가 얇은 유전체를 사용하여 급전선로에 의한 불필요한 방사나 손실을 줄이고 임피던스 정합회로나 능동 마이크로웨이브회로를 쉽게 집적화 할 수 있기 때문에 이러한 개구결합 마이크로스트립 안테나는 Pozar가 제안한 이후로 많은 사람들에 의해 연구 되어왔다.

마이크로스트립 안테나의 특성을 결정해주는 파라미터들은 패치의 길이와 폭, 비유전율, 슬롯의 크기, 스택의 길이 등이 있는데 이들의 변화에 따라 안테나의 공진 주파수, 임피던스 대역폭, 결합정도가 달라지게 된다.

안테나의 공진주파수를 결정하는 파라미터는 패치의 길이 L 에 의해 결정되며 패치의 폭 W 는 임피던스와 대역폭과 관련이 있다. 개구 결합을 이용한 급전방식에서는 방사소자의 길이와 폭에 따라 공진주파수가 달라지므로 이에 대한 정확한 설계가 필요하다. 먼저 사용 주파수 대역에서의 중심주파수를 가지고 안테나 방사소자의 폭 W 와 길이 L 를 구한다[4].

패치와 급전선 사이의 슬롯은 결합되는 정도를 결정하는데 슬롯의 폭보다 길이가 영향을 미친다. 본 논문에서는 푸리에(Fourier)변환 영역에서 갤러킨(Galerkin)방법을 이용하여 구한 근사식으로부터 슬롯의 길이를 결정하였다[5],[6].

$3.8 \leq \epsilon_r \leq 9.8$ 이고 $0.0015 \leq \frac{W_s}{\lambda_0} \leq 0.075$ 인 경우 :

$$\frac{\lambda_s}{\lambda_0} = 0.9217 - 0.277 \ln \epsilon_r + 0.0322 \left(\frac{W_s}{h} \right) \times \left[\frac{\epsilon_r}{0.435 + \frac{W_s}{\lambda_0}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

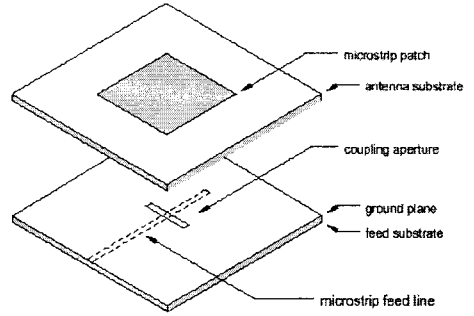
$$- 0.01 \left[4.6 - \frac{3.65}{\epsilon_r^2 (9.06 - 100 \frac{W_s}{\lambda_0}) \sqrt{\frac{W_s}{\lambda_0}}} \right] \times \ln \left(\frac{h}{\lambda_0} \right)$$

$$Z_s = 73.6 - 2.15\epsilon_r + (638.9 - 31.37\epsilon_r) \times \left(\frac{W_s}{\lambda_0} \right)^{0.6}$$

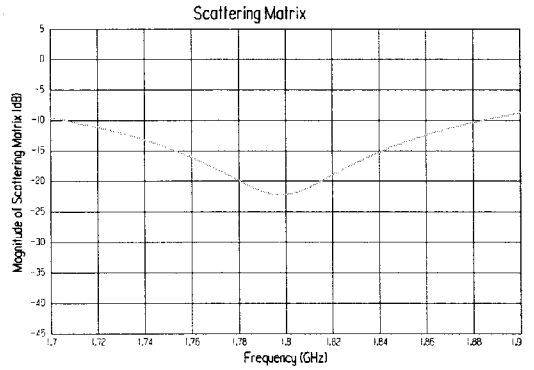
$$+ (36.23 \sqrt{\epsilon_r^2 + 41} - 225) \times \frac{\frac{W_s}{h}}{\frac{W_s}{h} + 0.876\epsilon_r - 2}$$

$$+ 0.51 (\epsilon_r + 2.12) \times \left(\frac{W_s}{h} \right) \ln \left(\frac{100h}{\lambda_0} \right) - \frac{0.753\epsilon_r \left(\frac{h}{\lambda_0} \right)}{\sqrt{\frac{W_s}{\lambda_0}}} \quad (1)$$

여기서, λ_0 는 자유 공간에서 파장, h 는 유전체 두께 W_s 는 슬랏 폭, λ_s 는 슬랏의 관내 파장, ϵ_r 은 비유전율, Z_s 는 슬랏의 특성 임피던스이다. 슬랏의 폭과 길이는 각각 $0.01 \sim 0.02 \lambda_s$ 와 $0.1 \sim 0.2 \lambda_s$ 범위에서 결정 하였다[6]. 패치와 급전선로의 기판은 모두 유전율 $\epsilon_r = 4.7$, 두께 $h=1.6\text{mm}$, $\tan\delta=0.04$ 인 FR4 기판을 사용하였고, 패치의 길이와 폭은 $64[\text{mm}]$, $62[\text{mm}]$ 이고 슬랏의 길이와 폭은 각각 $40[\text{mm}]$, $3.4[\text{mm}]$ 로 설계 하였다. 정합회로를 사용하지 않고서 시뮬레이션을 한 결과는 그림1과 같이 -10dB 이하의 반사손실과 7dBi 의 이득, 65° 의 빔폭 특성이 나왔다. 여기서 얻은 일반적인 구형 개구 결합 마이크로스트립 안테나의 특성을 기준으로 해서 제안된 안테나의 특성과 비교해 보겠다.



(a) 급전구조



(b) 반사손실

그림 1. 개구결합 마이크로스트립 안테나의 특성
Fig. 1 Characteristics of aperture coupled microstrip antenna.

III. 제안된 개구결합 마이크로스트립 안테나

그림2는 본 논문에서 제안한 H-슬랏 마이크로스트립 구조이며 안테나의 설계 파라미터 패치의 길이와 폭은 $L=60[\text{mm}]$, $W=54[\text{mm}]$ 이며, 슬랏의 길이와 폭은 각각 $L_a=30[\text{mm}]$, $L_h=22[\text{mm}]$, $W_a=3[\text{mm}]$ 로 설계하였다. 그림3은 안테나의 측면도이다. 유전체 기판은 값이 저렴하고 손쉽게 구할 수 있는 FR-4 에폭시를 사용 하였고 효율과 대역폭을 증가시키기 위하여 각 기판사이에 급전선과 패치간의 상대적인 위치를 변화 시키면서 임피던스 정합이 가능하도록 air gap ($\epsilon_{r1}, \epsilon_{r3}, \epsilon_{r5}$)을 두었다.

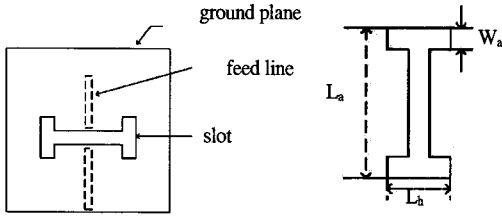


그림 2. 제안된 H슬롯의 구조
Fig. 2 Structure of proposed H-slot.

방사면 위에는 외부 환경에 대한 보호와 이득을 고려하여 비유전율이 3.2이고 두께가 2[mm]인 ABS 기판을 사용하여 레이돔을 구성 하였다. 또한 급전면 아래에 후방방사를 억제하기 위해 반사판을 두었으며 사용된 기판의 사양은 표 1에 나타나고 있다

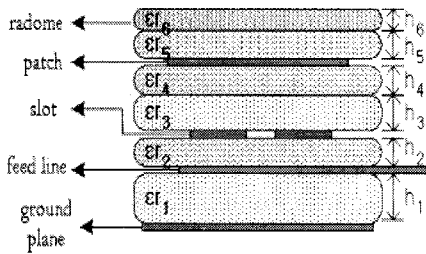
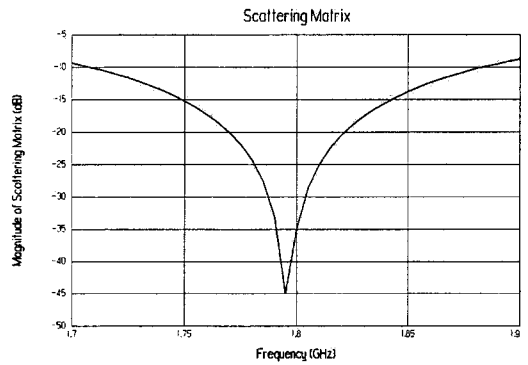


그림 3. 제안된 안테나의 구조
Fig. 3 Structure of proposed antenna.

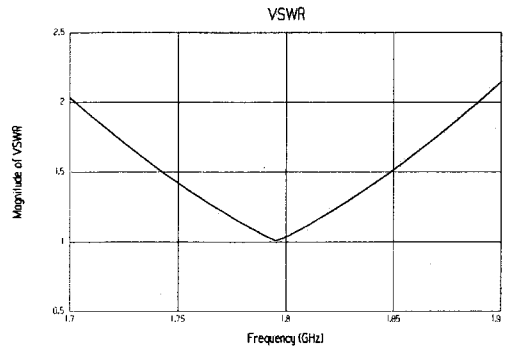
제안된 안테나의 시뮬레이션 한 결과를 그림4에 나타 내었다. 그림4(a)는 -15dB이하 반사손실을 기준으로 S11의 대역폭은 중심주파수 1795[MHz]로서 10.41% (120MHz)이다. 그림4(b)는 VSWR이 2:1이하이며 그림(c, d)는 중심 주파수 1795[MHz]에서의 빔 패턴이며 -3dB 빔폭은 80°이고 이득은 8.7dBi로서 일반적인 개구 결합의 특성에 비해 향상된 특성을 보였다.

표 1. 기판 사양[단위 : mm]
Table 1 Substrate specification[unit : mm]

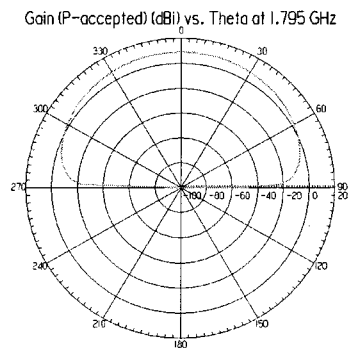
	Relative permittivity	Height
ϵ_{r6}	3.2	2.0
ϵ_{r5}	1.0006	3.0
ϵ_{r4}	4.7	1.6
ϵ_{r3}	1.0006	9.0
ϵ_{r2}	4.7	1.6
ϵ_{r1}	1.0006	5.0



(a) 반사손실

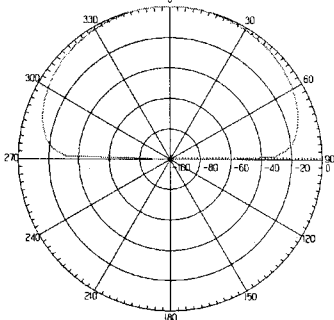


(b) VSWR



(c) 이득

Magnitude of rE Field (dB V Norm) vs. Theta at 1.795 GHz



(d) 빔폭

그림 4. 제안된 안테나의 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation result of proposed antenna.

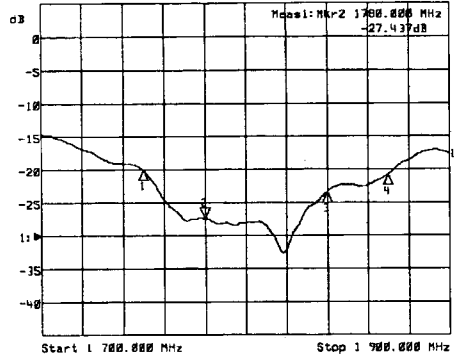


그림 6. 제작된 안테나의 반사손실
Fig. 6 Return loss of produced antenna.

IV. 제작 및 측정 결과

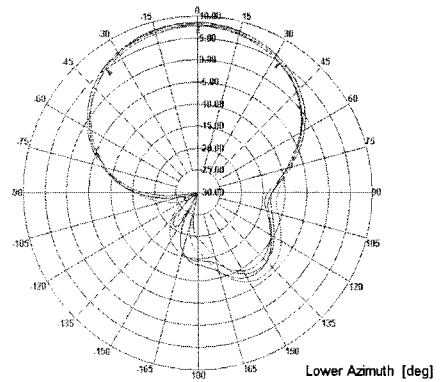
최적화 한 설계 파라미터 값으로 실제 제작한 안테나를 그림 5에 보였다. 기관 사이의 air gap은 같은 높이의 foam과 플라스틱 나사를 이용하여 고정 시켰고 방사 패치 위에는 레이돔이 놓이게 되며 급전선로 아래에는 후방방사를 억제하기 위해 반사판이 놓이게 된다.

그림 6은 네트워크 분석기 HP87142S를 이용하여 측정한 반사손실이며 PCS 주파수 대역에서 -20dB이하의 반사손실을 만족 하였다.

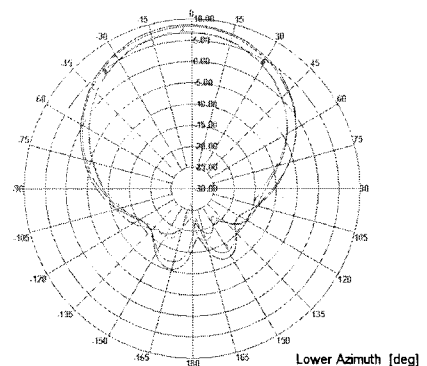
그림 7은 전파 무반사실에서 표준 혼(horn) 안테나(SGA-50)를 이용하여 방사패턴을 측정 한 결과로서 각각 7.5dBi 이상으로 중계기용 안테나로써 충분한 이득을 갖으며 시뮬레이션 결과와 일치함을 확인 할 수 있다. -3dB 빔폭은 약 80°이었으며 약간의 후엽이 발생하고 H-plane의 패턴이 좌로 tilt되는 현상이 있지만 양호한 지향성을 확인 할 수 있었다.



그림 5. 제작된 안테나
Fig. 5 Produced antenna



(a) E-plane



(b) H-plane

그림 7. 제작된 안테나의 방사패턴
Fig. 7 Radiation pattern of produced antenna.

V. 결론

본 논문에서는 H자형 개구결합 구조를 갖는 PCS중계기용 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작 하였다. 안테나의 크기를 줄이고 빔폭을 개선시키기 위해 다층구조를 피하면서 단일 슬랏의 개구면을 H자형으로 변화시켜 중심주파수 1795[MHz]의 10.41%의 대역폭을 얻었으며, patch의 폭과 길이 뿐만 아니라 슬랏의 길이를 줄여 향상된 특성을 확인 할 수 있었다. 향상된 특성은 VSWR이 1.5이하였고 이득은 7.5dBi 이상이었으며 빔폭은 80°가 되어 전파염영 지역이나 빌딩내에서 PCS 이동통신 서비스를 원활히 수행 하는데 활용 될 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] G. A. Deschamps, "Microstrip microwave antenna", 3rd USAF symp.on Antennas, 1953.

[2] Ramesh. Garg, Prakash.Bhartia, Inder. Bahl, Apjsak. Ittipiboon, Microstrip Antennas Design Handbook, Artech House, pp.2-3

[3] D. M. Pozar, Microstrip Antennas, Proc IEEE, vol. 80, pp.79-91, jan. 1992

[4] R. Garg, P. Bhartia, etal., Microstrip Antenna Design Handbook, Artech House, 2000

[5] R. Janaswamy, D. H. Schaubert, "Characteristic Impedance of a wide slotline on low permittivity substrates", IEEE Trans. on Microwave theory and techniques, vol. MTT-34, No.8, pp. 900-902, Aug. 1986.

[6] P. L. sullivan, D. H. Schaubert, "Analysis of an apeerture-coupled microstrip antenna", IEEE Trans. AP., vol.34, No.8, pp. 977-984, Aug, 1986.

[7] Naftall Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna", IEEE AP-S, Atlanta, Georgia, pp. 1108-1111, June 1998.

[8] Bradley G. Porter & Steven S. Gearhart, "Impedance and Polarization Characteristics of H and IHI Slot Antenna", IEEE Trans. vol.48, No.8, pp. 1272-1274, Aug, 2000.

[9] D. G-Kurup, A. Rydberg and M. Himdi, "Transmission line model for field distribution in microstrip line fed H-slots", Electronic Letters, 5th, vol. 37, No.14, pp. 873-874, July, 2001.

저자소개

이 중 기(Jung-Gi Lee)

주) 유타렉스 기술연구소 선임

※ 관심분야: 마이크로파 및 전파방송 반도체 및 통신 소자.



정 찬 권(Chan-Gwoun Jeong)

원광대학교 전기전자 및 정보공학부
강의전담교수

※ 관심분야: 마이크로파 및 전파방송 반도체 및 통신 소자.

강 영 진(Young-jin Kang)

제 8권 제 2 호 참조

※ 관심분야: 반도체 및 통신 소자. 광통신 및 광전소자, 마이크로파 및 전파방송