Journal of the Microelectronics & Packaging Society
Vol. 11, No. 1, p. 7-11. 2004

광대역 마이크로스트립 패치 안테나 설계

이호준 · 이재영 · 김종규
전자부품연구원 무선통신연구센터

Broadband Microstrip Patch Antenna Design

Ho-Jun Lee, Jae-Young Lee, and Jong-Kyu Kim
Wireless Communication Research Center, Korea Electronics Technology Institute(KETI)

초 록: 본 논문은 PCS (1750 - 1850 MHz) 대역과 IMT-2000 (1920 - 2170 MHz) 대역의 이중대역 (Dual-Band) 주파수(420 MHz)를 동시에 만족시킬수 있는 안테나로서 "L" 형태의 급전구조를 이용하여 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 대역폭은 중심주파수(1.96 GHz)의 33%(VSWR < 1.5, 650 MHz)로 광대역 특성을 갖고, 이득은 7dB 이상의 양호한 특성을 얻었다.

Abstract: In this paper, the wideband microstrip patch antennas for the Personal communications Service (PCS : 1750~1870 MHz) and International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000 : 1920~2170 MHz) dual band are studied. Experimental and simulation results on the dual band antenna are presented. Simulation results are in good agreement with measurements. The experimental and simulation results confirm the wideband characteristics of the antenna. The studied antenna satisfied the wideband characteristics that are required characteristics for above 420 MHz impedance bandwidth for the PCS and IMT-2000 dual band antenna. In this paper, through the designing of a dual band antenna, we have presented the availability for PCS & IMT-2000 base station antenna. An impedance bandwidth of 33% (VSWR<1.5, 650 MHz) and a maximum gain of 7dB can be achieved. The radiation pattern is stable across the passband.

Keywords: Broadband antenna, 3D transition, PCS, IMT-2000, Microstrip patch antenna

1. 서 론

최근 들어 이동 통신용 단말기를 통해 더욱더 많은 양의 정보를 송 · 수신 하고자 하는 욕구가 커짐에 따라 기존의 셀룰러 대역에 비해 훨씬 더 높은 주파수 대역에 대한 관심이 높아지고 있다. 서비스 시작 후 2년 6개월 여 만에 가입자 1000만 명을 넘어선 PCS(Personal communications Service : 1750~1870 MHz), 즉 개인 휴대 통신 서비스나 향후 서비스 예정인 IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000 : 1920~2170 MHz)이 바로 그 예라 할 수 있다[1]. 이러한 이동 통신 서비스에 있어 중요시되는 것이 안정된 통화품질이며 각 기지국 및 중계기에 설치된 안테나의 특성은 통화품질을 결정하는 수많은 요소 중 하나이다. 현재 사용되어지고 있는 중계기 및 기지국용 안테나는 주로 다이폴 구조와 마이크로 스트립 구조가 사용되어지고 있다. 그중 마이크로 스트립 구조의 안테나는 제작이 용이하고 대량생산이 가능하며 견고하고 가격도 저렴하며 부피가 작고 가벼우며, 선형이나 평면 배열로 만들기가 쉬울뿐만 아니라 초고주파 회로와 집적화하기가 쉽다는 장점을 갖는 반면에, 단점으로 협대역 특성, 정확한 편파의

*Corresponding author
E-mail: hjlee@keti.re.kr

어려움, 제한된 전력용량 등 몇 가지 문제점들이 있다. 이중 마이크로스트립 안테나의 가장 큰 단점인 협대역 특성을 개선하기 위한 연구가 많이 진행되어 왔으며, 여러 가지 방법들이 제시 되었다[2]. 일반적인 마이크로 스트립 안테나의 대역폭은 3~4%인데 반해 PCS 서비스와 IMT-2000 서비스를 하나의 시스템에서 처리하기 위해서는 적어도 22% 이상의 넓은 대역폭을 갖는 안테나가 필요하게 된다. 기본적으로 마이크로스트립 안테나의 임피던스 대역폭을 증가시키기 위해서는 기판의 두께를 증가시키거나 또는 낮은 유전율의 기판을 사용하면 되지만, 기판의 두께가 두꺼워질수록 안테나 패턴의 왜곡을 일으키고, 표면파(Surface Wave)가 증가하게 되며 방사 효율이 떨어지고, 임피던스의 특성이 왜곡되는 고차 모드가 발생하게 된다. 또한 낮은 유전율에 의한 광대역 기법은 유전율을 낮출 수 있는 한계 때문에 광대역 특성이 제한되므로, 적절한 두께의 유전체와 유전율을 선택하여야 한다[3]. 일반적으로 일정한 공진 주파수에서 마이크로스트립 안테나의 대역폭은 체적에 비례하고 유전율에 반비례하며[4] 대역폭 개선을 위한 일반적인 방법으로 기생 방사소자를 사용하는 방법과 정합회로를 사용하는 방법, 낮은 유전율을 갖는 기판을 사용하는 방법[5]과 적층방식[6]등 여러 가지 기술들이 연구되어 왔으나 이들 방식은 같은 평면 또는 다른 층으로의 물리적 크기를 증가시켜야만 하는 단점을 갖고 있다. 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 특성을 개선하기 위한 많은 연구가 계속 되고 있는 가운데, 최근 들어 3차원 급전구조(3-D transition)를 갖는 마이크로스트립 안테나[7] 및 U-Slot이 있는 구형 마이크로스트립 안테나[8-9]와 같은 광대역의 안테나가 제안된 바 있다.

본 논문에서는 이중대역(Dual-Band)인 PCS대역과 IMT-2000 대역을 모두 만족시킬수 있는 "L" 형태의 급전구조를 갖는 광대역의 안테나로서 안테나 구조 및 특징을 살펴보고 안테나의 설계, 제작과 측정에서는 "L"형태의 급전구조에 따른 각종 파라미터를 분석하여 최적의 안테나를 설계, 제작하였으며, 결론에서는 제작된 안테나의 고찰과 향후 과제에 대해서 살펴보았다.

2. 안테나 구조 및 특성

"L" 형태의 급전구조를 갖는 마이크로 스트립 패치 안테나의 기본 구조를 Fig. 1에 나타내었다. 본 논문에서 제시한 안테나는 접지면과 방사 패치 사이가 넓기 때문에 일반적인 급전 방식을 사용하여 방사 패치와 급전선 간의 전자기적 결합(coupling)을 일으키기 어려운 구조를 가지고 있다. 이러한 구조적인 한계를 패치와 접지면 사이에 "L" 형태의 스트립 라인 급전구조를 삽입함으로써 극복하였으며 "L"형태의 스트립 라인 급전구조는 방사 패치와 급전선 간의 전자기적 결합을 용이하게 한다. 또한 "L" 형태의 스트립 급전선과 방사 패치와의 전자기적 결합으로 인해 캐패시턴스(capacitance) 성분이 유도되어 일반적인 마이크로스트립 급전 구조나 동축케이블 급전 구조 자체에서 유도되는 인덕턴스(inductance) 성분을 억제시켜 광대역 특성을 제공한다. Fig. 1에서 "L" 형태 스트립 라인의 수평부분(S)은 수직부분(V)에 의해 생기는 인덕턴스 성분을 억제시키는 캐패시턴스 성분을 유도하여 L-C 직렬 공진 소자로 작용하며, R-L-C 병렬 공진 소자인 방사 패치와 전자기적으로 결합하게 된다. 즉, "L" 형태의 스트립 라인 급

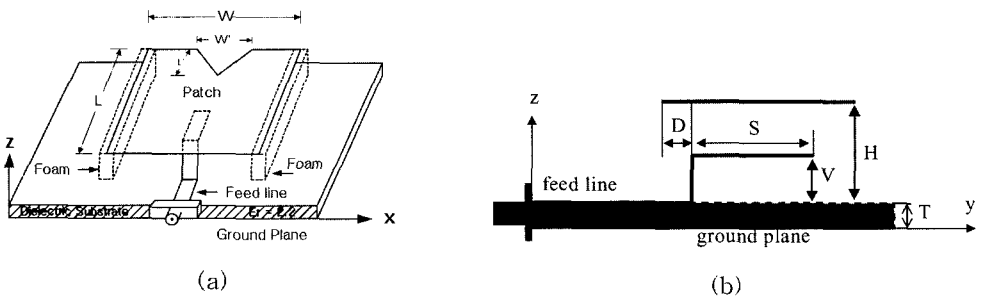


Fig. 1. Geometry of the L-strip fed rectangular patch. (a) the proposed L-strip patch antenna, (b) side view.

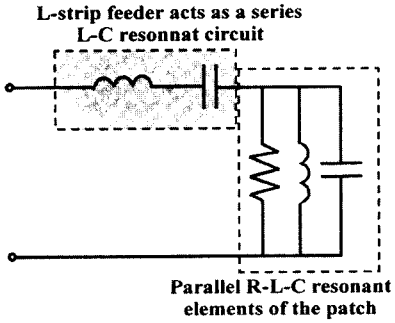


Fig. 2. Equivalent circuit.

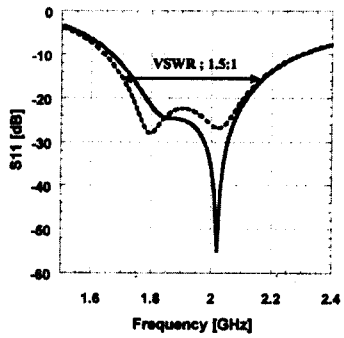
전구조는 인덕턴스 성분에 캐패시턴스 성분이 추가된 공진 소자로 작용하여 방사 패치의 공진과 더불어 광대역 안테나로 동작하게 된다.

3. 설계 제작과 측정

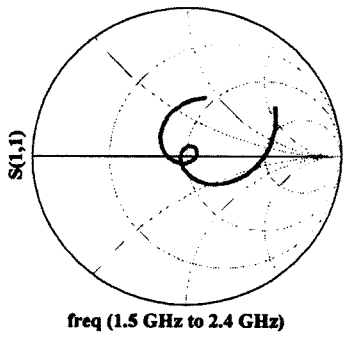
안테나의 설계 및 시뮬레이션은 Zeland사의 IE3D를 이용하였으며, 기판의 재질은 유전율(ε_r) 2.2, 높이 1.57 mm의 테프론 기판을 사용하였으며 급전선의 끝부분에 두께 0.3 mm의 동판을 사용하여 "L" 형태의 급전구조를 취하였다. ground에서 패치까지의 높이(H), "L" 형태의 수평부분(S), 수직부분(V), 그리고 급전선이 패치 아랫부분에 삽입되는 길이(D) 등의 변화에 따른 특성을 살펴보았다. 첫째 다른 모든 파라미터들이 동일하고 패치와 ground plane 사이가 공기층일 경우 높이(H)가 높아지면 공진 주파수는 낮아지고 대역폭은 커진다. 즉 패치와 ground plane 사이의 높이(H) 증가는 기판의 유전율을 낮추고 두께를 증가시키는 효과를 초래하기 때문에 전체 대역폭이 증가하게 된다[10]. 그리고 전자기 결합 량이 줄어들면서 스미스 챠트상의 궤적은 반시계방향으로 회전하게 된다. 둘째 "L" 급전구조의 수평부분(S)과 수직부분(V)이 길어질수록 스미스 챠트상의 궤적은 시계방향으로 회전하면서 전자기 결합량은 많아지게 되고, D부분의 길이가 증가할수록 역시 스미스 챠트상에서의 궤적은 시계방향으로 회전하는 것을 알 수 있다. 이상의 각종 파라미터 변화에 따른 특성들을 종합하여 최적화 시킨 결과는 Table 1과 같다. PCS/IMT-2000의 중심주파수(1.96 GHz)에서의 대역폭(VSWR < 1.5)은 26% (500 MHz)로 나왔으며, simulation을 통한 반사손실과 스미스 챠트를 Fig. 3의 (a), (b)에 각각 나타내었다. 패치는 0.3 mm의 동판을 사용하였으며, simulation 결과 패치의 크기는 길이(L) 58 mm, 폭(W) 69 mm, ground에서 패치까지의 높이(H)는 19 mm, "L" 형태의 수평부분(S)은 12 mm, 수직부분(V)은 15 mm였다. 그리고 패치의 윗 부분을 삼각형 형태로 잘라내어 패치 안테나 자체의 임피던스 값을 변화시켜 주파수 대역을 더욱 넓히는 효과를 보았다. 즉 삼각형으로 잘라낸 부분에서는 임피던스가 증가하게 되어 높은 공진 주파수를, 잘라내지 않은 부분은 임피던스가 낮게 되어 낮은 공진 주파수를

Table 1. Dimension of antenna (in mm)

Parameter	L	W	L'	W'	S	V	H	D
Size	55	71.5	18	40.5	18	17	20.5	13



(a)



(b)

Fig. 3. Simulation result. (a) return loss(S11), (b) smith chart.

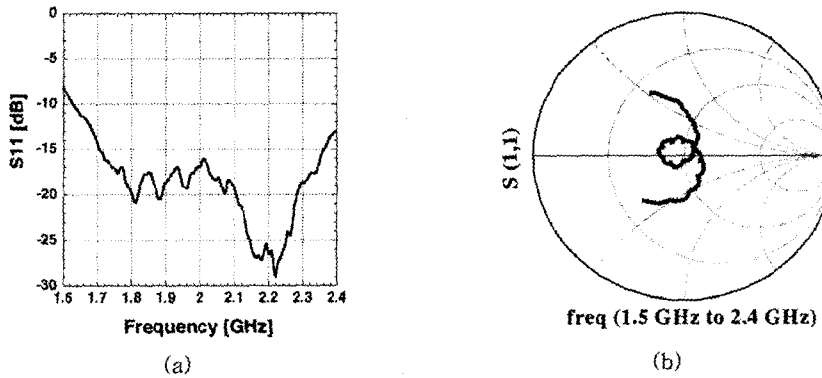


Fig. 4. Measured result. (a) return loss(S11), (b) smith chart.

얻을 수 있다. Fig. 3-(a)에서 삼각형 형태로 잘라낸 패치 형태에 대한 시뮬레이션 결과(점선)와 잘라내지 않은 시뮬레이션 결과(실선)를 비교하여 나타내었다. 그래프에서 보듯이 삼각형 형태로 절단했을 경우의 대역폭이 넓게 나오는 것을 알수 있다. 제작된 안테나는 HP 8510C VNA(Vector Network Analyzer)로 그 특성을 측정하였다. 측정한 반사손실은 Fig. 4에서 보여주고 있다. 대역폭은 중심주파수(1.96 GHz)의 33% (VSWR<1.5, 650 MHz)로서 PCS 대역과 IMT -2000 대역을 모두 만족시키는 광대역의 결과를 얻었다. 이득(Gain)과 방사패턴(Radiation Pattern) 측정은 NSI 사의 Near Field Measurement System을 이용하여 측정하였다. 이득은 전대역에서 7dB 이상의 높은 이득을 얻었으며,

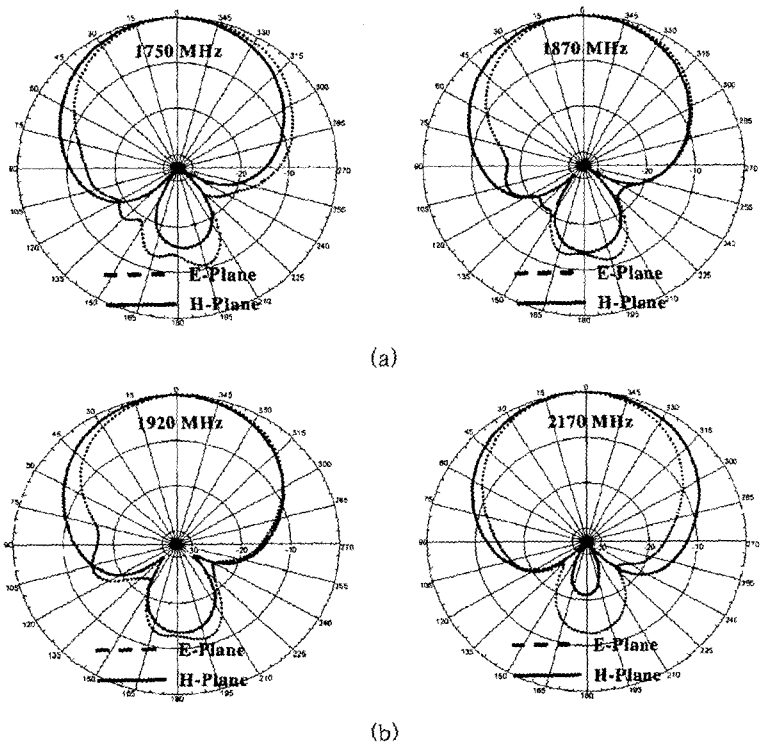


Fig. 5. Measured radiation patterns. (a) PCS band, (b) IMT-2000 band.

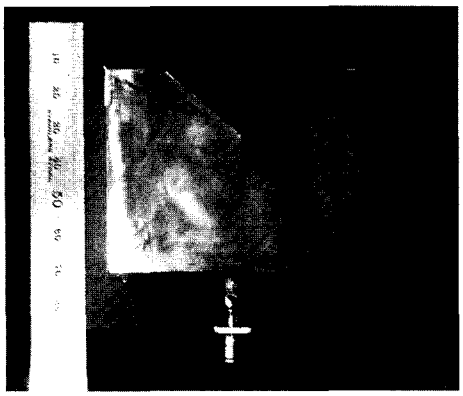


Fig. 6. Photograph of prototype antenna.

방사패턴(Radiation Pattern) 또한 PCS 대역과 IMT-2000 대역에서 모두 양호한 특성을 얻었다. Fig. 5는 PCS 대역의 주파수와 IMT-2000 대역의 주파수에서 측정된 방사패턴(수직-수평)을 보여주고 있으며, 그림에서 후방방사(back lobe)의 양은 ground의 크기를 늘려서 줄일수 있다. 실제 제작된 안테나의 외형적 치수는 패치 길이(L) 55 mm, 패치 폭(W) 71.5 mm였고, ground와 패치 사이의 높이 (H)는 20.5 mm, "L" 형태의 수평부분(S)은 18 mm, 수직부분(V)은 17 mm, 급전선의 길이는 16.5 mm였다. Fig. 6은 본 논문에서 제안된 PCS 대역의 주파수와 IMT-2000 대역의 주파수에서 제작 측정된 안테나의 사진을 보여주고 있다.

4. 결 론

지금까지 본 논문에서 PCS대역(1750~1870 MHz)과 IMT - 2000대역 (1920~2170 MHz)의 광대역 주파수(420 MHz)를 모두 만족시킬 수 있는 "L" 형태로 급전되는 광대역 마이크로 스트립 패치 안테나의 특성에 대해서 살펴보았다. 안테나 설계시 시뮬레이션 결과대로 제작한 안테나의 특성보다 시뮬레이션의 결과로 제작한 안테나의 각종 파라미터들을 변화시켜가며 튜닝을 했을 때의 특성이 더 양호한 것을 알 수 있었으며, 이로 인해 시뮬레이션 결과와 제작 결과가 약간의 차이가 있었다. 이러한 차이는 사용한 시뮬레이션 tool인 IE3D는 2.5D 시뮬레이션 tool로서 정확한 시뮬레이션 결과를 얻기에는 다소 차이가 있기 때문으로 풀이된다. 제작된 안테나는 원하는 대역내에서 안정된 방사패턴을 가지며 임피던스 대역폭은 중심주파수 (1960 MHz)의 33% (VSWR < 1.5, 650 MHz)이상을 가지고 약 7dB의 평균 이득을 가져 상용화 가능한 안테나의 spec을 모두 만족시킴을 알 수 있다. 본 논문에서 제시한 안테나는 제3세대 이동통신인 IMT-2000의 서비스 상용화를 앞두고 있는 시점에서 기존의 PCS대역과 IMT-2000 대역에서 동시에 사용 가능한 안테나로서 많은 활용가치가 있으리라 생각된다.

참고문헌

1. 국내 이동통신 가입자 통계, 월간 모바일컴, pp.113-115, 6월호, 2000.
2. D. M. Pozar., Microstrip Antennas., Proc. IEEE, Vol. 80, pp. 79-91, Jan 1992.
3. R. A. Sainati., CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications., Artech House, 1996.
4. C. A. Balanis., Antenna Theory Analysis and Design. John Wiely & sons, 1997.
5. J. R. James and P. S. Hall, Handbook of microstrip antenna. London : Peter Peregrinus, 1989.
6. S. D. Targonski and R. B. Waterhouse, "An Aperture Coupled Stacked Patch Antenna with 50% Bandwidth," IEEE AP-S, Baltimore, Maryland, pp. 18-21, July 1996.
7. Naftall Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna," IEEE AP-S, Atlanta, Georgia, pp. 1108-1111, June 1998.
8. K. F. Lee, K. M. Luk, F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. O. Lee., "Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna," IEE Proc, Vol. 144, pp. 354-358, Oct 1997.
9. Y. L. Chow, Z. N. Chen, K. F. Lee, and K. M. Luk., "A Design Theory on Broadband Patch Antenna with Slot," IEEE Antennas & Propagation Symposium, pp. 1124-1127, 1998.
10. S. S. Zhong and Y. T. Lo, "Single Element Rectangular Microstrip Antenna for Dual Frequency Operation," Electron. Lett, vol. 19, pp. 298-300. Apr 1983.