

구형 마이크로스트립 패치 안테나 대역폭 개선

정회원 이현진*, 임영석**

Broadband Improvement of The Rectangular Microstrip Patch Antennas

Hyeonjin Lee*, Yeongseog Lim** *Regular Members*

요 약

마이크로스트립 패치안테나의 대역을 증가시키는 방법이 꾸준히 연구되고 있다. 본 연구에서는 구형 패치 구조에 기생 소자를 더한 형태로 구형 패치 외부에 바(bar)와 밴드(band)모양의 기생소자를 설치하여 프린팅 효과를 최소화 하고자 하였으며, 이로 인한 안테나 효율의 향상과 대역폭을 증가를 시키고자 하였으며, 또한 기생소자의 폭과 방사안테나의 간격을 조절하여 대역폭과 임피던스정합 특성의 변화를 해석하였다. 이를 이용하여 LMDS통신 주파수 대역인 24.6 GHz~28.5GHz에서 공진 대역을 갖도록 설계하였다. 정재파비 2.0이하를 기준으로 기존의 패치안테나의 중심주파수에 대한 대역 이용율이 수 %인데 반하여, 본 연구에서 제시한 밴드를 설치한 구조의 경우 12.92 %로 증가함을 알 수 있고, 또한 본 연구에서 제시한 외부 밴드를 갖는 구조가 급전선로와 패치 안테나와의 정합특성이 월동함을 확인하였다.

ABSTRACT

There has been a constant effort to increase the bandwidth of microstrip patch antenna. In this paper, we propose a special type of the rectangular patch with parasitic element of bar and band type to improve the bandwidth, to design and analyze antennas for a local multi-point distribution system (LMDS) of 24.6GHz~28.5GHz frequency band. As a result, we obtain an increase in antenna efficiency and frequency bandwidth. We were also able to design the wide band antenna easily, because of the difference in parameter between the aimed and the simulated antenna was reduced greatly. In case of proposed band structure, we can obtain the band width up 12.92% as VSWR \leq 2. In comparison with the rectangular patch antenna, the banded one has better matching characteristics and wider bandwidth.

1. 서론

이동 통신 및 위성통신의 급격한 수요증가로 양 질에 서비스를 제공하기 위해서는 통신 장비 중에서 핵심부품인 안테나의 개발이 관건이 되며, 모든 장비의 소형화와 집적화에 따라 안테나 역시 소형 경량, 다기능의 특성이 요구되고, 이를 충족하는 안테나 종류 중의 하나가 마이크로스트립 패치 안테나이다. 마이크로스트립 패치 안테나는 제작이 용이

하고, 인쇄회로기술에 의한 대량생산이 가능하며, 또한 크기가 작고 경량이기 때문에 위성통신 및 이동 통신에 많이 이용되고 있다. 반면 마이크로 스트립 안테나가 수 %정도 좁은 대역특성을 갖고 있어 양방향통신으로 송, 수신 주파수대역을 분리하는 통신에는 어려움이 있다. 따라서 패치형 안테나가 제안된 이후로 이런 문제점들을 해결할 수 있는 광대역 특성에 관하여 국내외 많은 학자들이 관심을 갖고 활발히 연구되고 있으며^[1,2], 특히 David R.

* 동강대학 전자정보과
논문번호: K01075-0216, 접수일자: 2001년 2월 16일

** 전남대학교 공대 전자공학과

Pozar에 의해 개구면 결합 급전방법이 제안된 이후 다양한 대역폭 확장방법과 동작 주파수 대역을 조정하는 주파수 이동방법 등도 제안되었다³⁾. 패치안테나 대역폭을 증가시키는 가장 직접적인 방법은 기판도체를 두껍게 하고, 저 유전율의 기판을 사용할 수 있지만, 급전회로에 의한 Spurious방사와 표면파 발생 급전 인덕턴스가 유도되는 문제가 있다. 지금까지 알려진 패치 안테나의 대역폭 증가방법에는 여러 방법들이 제안되었지만, 본 연구에서는 공진주파수 대역을 증가시키기 위한 방법으로 개구면 결합 마이크로 스트립 패치 안테나를 이용하여 구형패치 외부에 기생소자 즉, 방사 패치의 전후에 바형태의 기생소자를 방사패치에 평행하게 설치하였으며, 또한 패치안테나를 둘러싸는 밴드(band)형태의 기생소자를 설치하여 공진주파수 대역폭을 증가시키고자 하였다⁵⁾. 이와 같이 패치의 외부에 기생소자를 설치하여 Parasitic-Tuned 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 및 특성 해석을 하여 기존의 패치만을 갖은 구조와 비교하였다. 그 결과 기존 구조에 비하여 대역폭과 안테나 효율 특성의 증가를 확인할 수 있었다. 본 연구에서 해석을 위하여 사용한 알고리즘은 안테나 해석에 널리 이용되고 있는 유한 차분 시간 영역 법을 이용하여 시뮬레이션하고, 경계조건으로 PML 방법을 사용하였다.

II. 패치 안테나 설계

마이크로스트립 패치 안테나는 유전체 기판위에 매우 얇은 도체로 구성되고, 마이크로스트립 패치 안테나는 방사가 패치면의 수직으로 향하도록 설계된다. 평판 안테나의 구성은 방사요소, 급전망 그리고 빔 steering기능 등으로 구성되는데 방사용 소자는 구형, 원형, 타원형 등에 의한 배열형태가 일반적이다. 급전방법으로 동축선, 마이크로스트립선로 급전, 슬롯과 패치의 전자기적인 결합에 의한 급전 방법 등이 있다^{3,4)}.

개구면 결합 마이크로스트립 패치 안테나 구조는 가장 하단에 마이크로 스트립 급전선로가 있고, 위에 유전체 기판이 존재하며, 그 위에 슬롯을 두고, 다시 구형 마이크로 스트립 패치 안테나가 있는 구조로서 하단의 마이크로스트립 급전 선로를 통하여 입사된 전자계가 개구면을 통하여 상단의 패치 안테나와 전자기적 결합을 일으켜 패치 안테나에 전자원이 공급되는 구조이다. 개구면 결합 마이크로스트립 안테나는 많은 장점이 있어 많이 이용되고 있

으며, 먼저 방사소자로의 직접적인 급전이 필요하지 않기 때문에 급전회로에 대한 불필요 방사를 차단할 수 있다. 방사면 과 급전면이 분리되어 각면에 대한 독립적인 최적의 설계가 가능하며, 각종의 유전물질의 유전율값을 자유로이 조절 할 수 있어 많은 응용이 가능하다^{6,7,8)}. 그림 1은 마이크로스트립 패치안테나 구조의 전후에 기생소자인 바를 설치한 구조로서 패치의 양단에서 발생하는 프린징 효과를 최소화 하고자 하였으며, 그림 2는 본 논문에서 제안한 구조로 기존 패치안테나 구조에 기생소자인 밴드를 설치한 구조로서 패치의 양단에서 발생하는 프린징 효과에 의한 안테나 특성 감소를 최소화하기 위하여 바를 설치하였을 때 전후 뿐 아니라 모서리 부분에서 외부로 발산되는 전자계를 최소화하여 안테나 효율을 높이고, 또한 대역폭을 증가시킬 수 있었다.

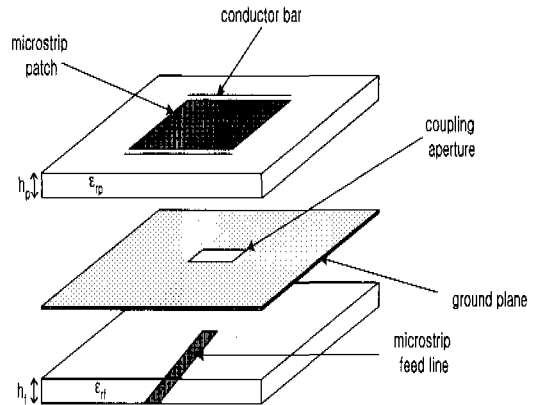


그림 1. 기생소자인 바를 설치한 개구면 결합마이크로스트립 패치안테나구조

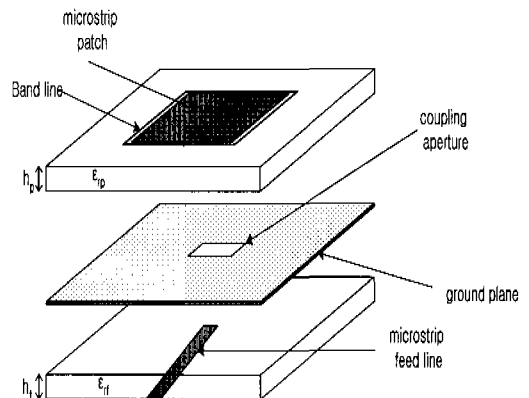


그림 2. 외부 밴드의 기생소자를 갖는 개구면 결합 마이크로스트립 패치 안테나

여기서 단위셀 크기는 $\Delta x = \Delta y = 0.215$, $\Delta z = 0.195$ [mm]며, 방사패치와 바 및 밴드와의 간격은 기판두께의 약1/1.8배이고, 밴드의 폭 또한 기판두께의 약1/1.8배 길이로 하였다. 그림 3은 각각 기생소자를 갖는 바 와 밴드구조의 반사계수로 두 구조의 반사계수를 비교하였을 때 밴드구조가 바 구조보다 향상된 반사손실 특성을 갖음을 알 수 있다.

그림 4와 5는 각각 기생소자를 갖는 바 및 밴드 구조의 임피던스 값으로 실효 저항과 무효 값이며, 여기서 실선은 실효저항, 에스테리스크를 포함한 선분은 무효성분 곡선이다. 그림에서 볼 수 있듯이 24.5 GHz와 28.5 GHz사이에서 마이크로스트립 특성 임피던스인 50Ω에 근접함을 볼 수 있고, 무효성분 또한 같은 주파수 대역에서 0에 근접함을 볼 수 있다. 그림6은 기생요소 밴드를 설치한 구조의 방사패턴을 나타내고 있으며, 후엽 부근에 방사가 일어나는 것은 개구면 결합의 급전선로에 의한 방사로 예상된다. 그림 7은 스미스 차트를 통하여, 본 연구에서 제안한 구조와 기생요소 바를 포함한 구조 및 기존의 구조의 입력임피던스 곡선을 비교하였다. 그림7에서 볼 수 있듯이 제일 안쪽 곡선이 밴드형태의 기생요소를 설치한 구조이고 가장 바깥 그림이 기존의 패치 구조, 가운데는 바를 설치하였을 때 구조로, 정제파비 2이하를 기준으로 하였을 때, 밴드를 설치한 구조가 가장 넓은 공진 대역을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 또한 특성임피던스 1인 점에 매우 근접하게 접근함을 볼 수 있어 입력 임피던스가 50Ω의 특성 임피던스에 가까움을 확인할 수 있어 급전 선과 양호한 정합이 이루어졌음을 알 수 있다.

표 1. 방사패치와 기생요소를 0.215[mm]의 갭을 두고 기생요소의 폭을 증가시킨 결과 (λ : 파장 H: 기판의 높이[mm])

폭	0.215 H/3.6	0.43 H/1.8	0.64 ($\lambda/10$)	0.86 ($\lambda/8$)	1.075	1.29
공진 주파수	26.7	26.5	26.3	26.2	26	25.75
반사 계수 (S11)	-26.2	-60	-24	-18	-14.7	12.9
대역폭 (VSWR ≤ 2)	24.9~ 28.4 (3.5)	24.79~ 28.2 (3.41)	24.9~ 27.75 (2.85)	25.1~ 27.25 (2.15)	25.14~ 26.79 (1.65)	25.13~ 26.42 (1.29)
대역율 %	12.92	12.86	10.8	8.2	6.34	5

표1은 방사 패치와 기생요소의 간격을 일정하게 고정하고 기생요소의 폭을 증가시킨 것으로 주파수 대역폭을 비교하면 폭이 증가할수록 최대 공진 주파수는 낮아지고, 대역 이용률 또한 좁아짐을 알 수 있었다. 이는 동작 주파수의 파장보다 기생요소의 폭이 기판의 두께0.18~0.36배 범위에서 가장 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 또한 표2는 기생요소의 폭을 고정하고 방사 패치와 기생요소간의 거리를 변화시켜서 얻은 결과로 표1의 결과와 유사함을 알았다.

표 2. 기생요소의 폭을 0.215[mm]로 고정시키고, 방사패치와 기생요소의 간격을 증가 시킨 결과

간격	0.215 H/3.6	0.43 H/1.8	0.64 ($\lambda/10$)	0.86 ($\lambda/8$)	1.075	1.29
공진 주파수	26.7	26.8	26.6	25.2	27.4	27.35
반사계수 (S11)	-26.2	-25	-25.6	-14	-14.5	-16.3
대역폭 (VSWR ≤ 2)	24.9~ 284 (3.5)	25.13~ 28.5 (3.39)	25.19~ 28.09 (2.9)	25.5~ 27.3 27.78~ 28.8	26.08~ 28.78 (2.7)	25.52~ 29.17 (3.65)
대역율 %	12.92	12.65	10.9	7.5	9.85	13.34

그림 8은 표1의 결과를 스미스 차트로 본 입력 임피던스로 A는 기생요소의 폭을 0.215[mm]로 하였을 때의 곡선이며, B, C는 점점 폭을 증가시켰을 때 도표이다. 기생요소의 폭이 증가함에 따라 정규화 특성 임피던스 점 1로부터 멀어지는 것을 볼 수 있어 정합이 이루어지지 않음을 알 수 있고, VSWR ≤ 2 인 원으로부터 벗어나는 것을 볼 수 있어 대역폭이 좁아짐을 알 수 있다. 그림 9는 기생요소의 폭을 고정하고 방사패치와 기생요소의 간격을 증가하였을 때 입력임피던스로, 도표에서 a 는 방사패치와 기생요소의 간격을 0.215[mm]로 하였을 때의 곡선이며, b, c 는 점점 증가시켰을 도표이다. 앞에서와 같이 간격이 증가할 수록 특성과 대역폭이 좋지 않음을 알 수 있다.

III. 결론

안테나의 대역을 증가시키기 위한 방법으로 몇 가지의 방법이 있으나, 본 연구에서 대역폭 개선을 위한 방법으로 개구면 결합 마이크로 스트립 구형

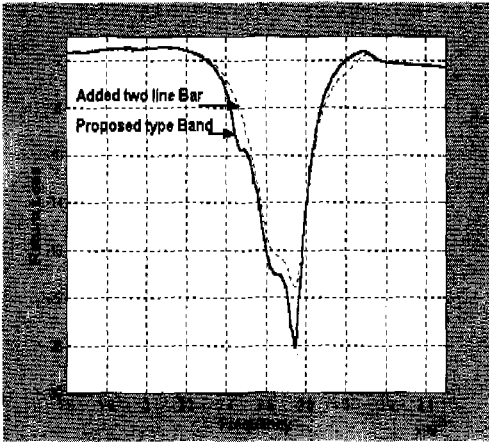


그림 3. 그림 1과 2 구조의 반사손실

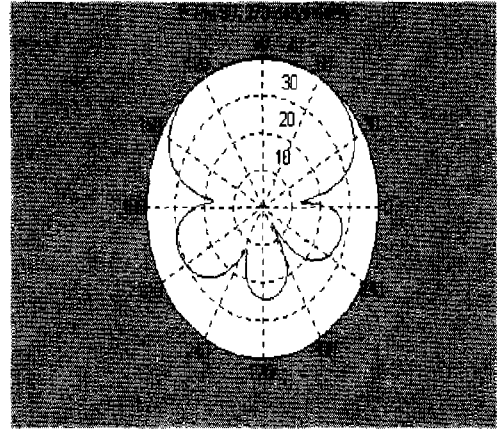


그림 6. 기생밴드를 갖은 안테나의 방사패턴

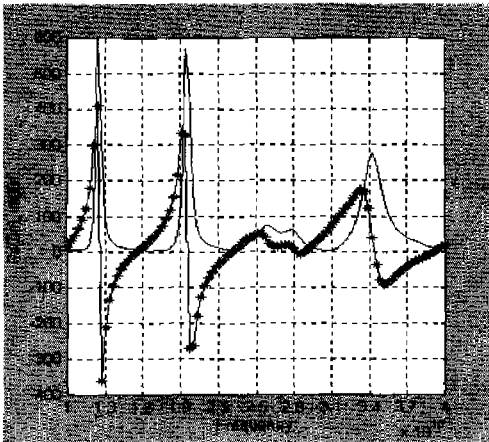


그림 4. 그림 1의 입력 임피던스

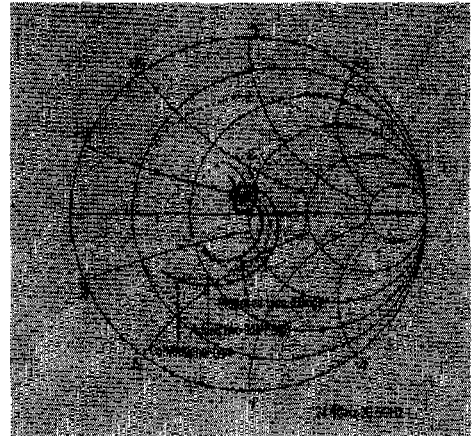


그림 7. 세가지형태 패치안테나 구조의 스미스 차트로 본 입력 임피던스

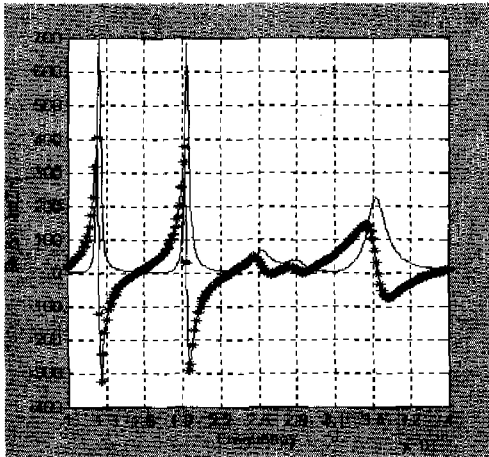


그림 5. 그림 2의 입력 임피던스

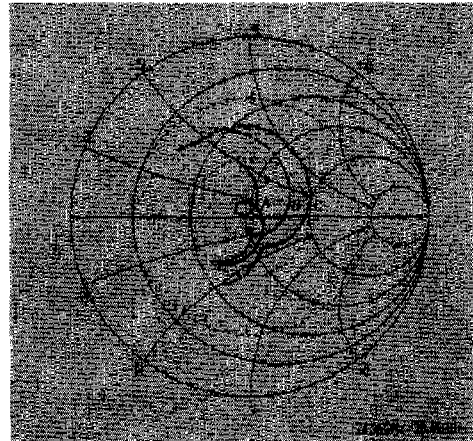


그림 8. 기생요소의 폭 증가에 따른 입력 임피던스

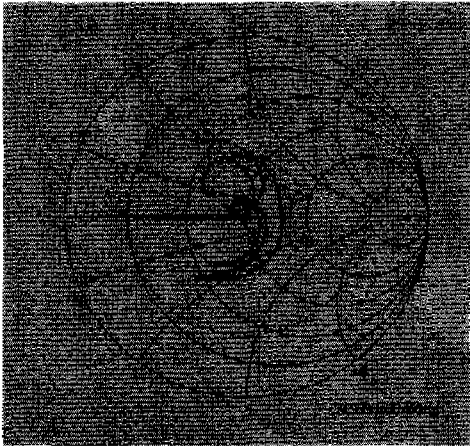


그림 9. 방사패치와 기생패치간의 간격 증가에 따른 입력 임피던스

패치 구조에 기생 요소를 더한 형태로 구형 패치 외부에 바(bar)모양과 밴드모양의 기생요소를 설치하여 프린팅 효과에 의한 전자계의 외부 발산을 최소화하였으며, 이로 인한 안테나 효율의 향상과 대역폭의 증가를 가져왔다.

또한, 설계하고자 하는 안테나 설계시 계산 파라미터 값과 실제 시뮬레이션 값과의 차를 줄일 수 있는 장점을 갖고 있다. 실제로 다른 구조의 안테나와 비교하였을 때 보다 넓은 주파수 대역과 보다 좋은 정재파비를 보임으로써 양호한 안테나 정합이 이루어짐을 알 수 있다. VSWR을 2.0이하로 기준하였을 때 일반 형태가 약 3.2 GHz의 대역폭을 갖는 반면, 밴드를 갖는 구조가 3.8 GHz의 대역폭 즉, 중심주파수에 대한 대역 이용율이 12.7%로 증가하였다. 한편으로 기생요소의 도체 폭과 방사 패치와 기생요소와의 거리에 따른 특성변화를 해석한 결과 기생요소의 도체폭 및 방사패치와의 거리가 각각 약 0.18배에서 0.36배일 때 가장 양호한 특성을 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 구조와 같이 패치의 구조를 변형함으로써 마이크로스트립 패치 안테나에서 큰 문제로 대두되는 프린팅 효과를 감소시킬 수 있으며, 이로 인하여 계산값에 의한 원하는 동작 주파수의 공진 대역을 찾기 위한 반복적인 시뮬레이션 작업을 줄일 수 있는 장점과 안테나 특성 및 공진 주파수 대역폭을 넓일 수 있는 장점을 갖고 있음을 시뮬레이션 결과를 통하여 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] D.M. Pozer, "A microstrip antenna aperture coupled to a microstripline," *Electron. Lett.*, vol. 21, pp.49-50, Jan 1985.
- [2] Pozer, D.M., and Kaufman, B, "Increasing the bandwidth of a microstrip antenna by proximity coupling", *Electron. lett.*,23, pp.368-369. 1987.
- [3] D.M. Pozer, "A reciprocity method of analysis for printed slots and slot coupled microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-34, pp. 1439-1446, Dec. 1986.
- [4] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design" *John Wiley & Sons, INC* Chapter 14.
- [5] 이현진, 김태홍, 임영석, "LMDS대역을 위한 광대역 마이크로스트립 패치 안테나 설계," 대한전자공학회논문지, 제37권 TC편 제 10호, PP.37~42, Dec. 2000
- [6] Peter L. Sullivan, Daniel H. Schaubert "Analysis of an Aperture Coupled Microstrip Antenna" *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-34, No.8 977-984, August 1986.
- [7] J. R James, P. S. Hall, "Handbook of Microstrip Antennas", Peter Peregrinus Ltd., pp.330-337, 1989.
- [8] Kai Fong Lee, Wei Chen, "Advanced in Microstrip and Printed Antennas", Wiley Interscience, pp71-109, 1997

이 현 진(Hyeonjin Lee)

1982년: 조선대학교 전기공학과(공학사)
 1991년: 원광대학교 전자공학과(공학석사)
 1996년: 전남대학교 전기공학과(공학박사)
 1997년~1998년: Pennsylvania State University 전기공학과 방문교수(한국과학재단)
 1992년~현재: 동강대학 전자정보과 조교수.
 <주관심 분야> 안테나 및 RF소자 설계, 초고주파 회로 해석

임 영 석(Yeongseog Lim)

1980년: 서울대학교 전자공학과(공학사)
 1982년: 서울대학교 전자공학과(공학석사)
 1989년: 전북대학교 전자공학과(공학박사)
 1984년~현재: 전남대학교 전자공학과 정교수
 <주관심 분야> 전자파해석, 안테나, 초고주파회로 설계