

論文2000-37TC-10-5

# LMDS대역을 위한 광대역 마이크로스트립 패치 안테나 설계 (Wide-Band Microstrip Patch Antenna Designs For LMDS Band)

李 玄 辰\*, 金 兌 弘\*\*, 林 永 錫\*\*

(Hyeonjin Lee, Taehong Kim, and Yeongseog Lim)

## 요 약

마이크로스트립 패치를 이용하여 안테나의 대역을 증가시키는 방법이 꾸준히 연구되고 있다. 본 연구에서 구형 패치를 이용하여 LMDS용 안테나를 설계하기 위하여 패치의 구조를 변형시킨 형태로 구형 패치 외부에 밴드를 설치하여 프링징 효과에 의한 전자계의 외부 발산을 최소화하였으며, 이로 인한 안테나 효율의 증가와 원하는 대역의 안테나의 설계 파라미터 값과 실제 시뮬레이션 결과와의 차를 줄일 수 있는 장점을 갖고 있다. 또한 종래의 적층 패치 안테나구조에 비하여 본 연구에서 제시한 외부 밴드를 갖은 구조의 대역 폭이 더 넓어짐을 확인 할 수 있었다.

## Abstract

There has been a constant effort to study methods for increasing the bandwidth of antenna by microstrip patch. In this paper, we propose a special type of the external rectangular patch, for design and analysis of an antenna using a local multi-point distribution system (LMDS). We minimized electromagnetic emissions from the fringing effect. As a result, we obtained 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 comparison with the rectangular patch antenna, the banded one has a wider bandwidth.

## I. 서 론

최근 이동 통신 및 위성통신의 급격한 수요증가로 양질에 서비스를 제공하기 위해서는 통신 장비 중에서 핵심부품인 안테나의 개발이 관건이 되는데, 모든 장비의 소형화와 집적화에 따라 안테나 역시 소형 경량, 다

기능의 특성을 요구하게 되며 이를 충족할 수 있는 안테나 종류 중의 하나가 마이크로스트립 안테나라 할 수 있겠다. 마이크로 스트립 안테나는 제작이 용이하고 인쇄회로기술에 의한 대량생산이 가능하며 또한 크기가 작고 경량이기 때문에 위성통신 및 이동 통신에 많이 이용되고 있다. 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 급전방법 등이 있다<sup>[1,2]</sup>. 또한 마이크로 스트립 안테나는 기판에 증폭기(amplifier), 믹서(mixer), 발진기 등과 같이 MIC (microwave integrated circuit) 및 MMIC (monolithic

\* 正會員, 東岡大學 電子情報科

(Dept. of Electronic &amp; Information Eng., Dongkang college)

\*\* 正會員, 全南大學 電子工學科

(Dept. of Electronics, Chonnam National University)

接受日字:2000年5月2日, 수정완료일:2000年9月7日

microwave integrated circuit)등과 쉽게 집적될 수 있다는 장점 또한 지닌다.

반면 마이크로 스트립 안테나는 일반적으로 주파수 대역폭이 작아서 보통 공진 주파수의 5%이하이며<sup>[3]</sup>, 안테나이득 또한 낮으며 유전 손실 때문에 안테나 효율이 낮다. 이런 문제점들을 해결하기 위하여 국내외 많은 학자들이 관심을 갖고 연구를 하고 있다. 본 연구에서는 최근 광대역 무선가입망(B-WLL : Broadband Wireless Local Loop)으로 각광받고 있는 LMDS(Local Multi-point Distribution system)시스템을 이용한 초고속 무선통신망 구축시 필요한 LMDS용 안테나를 개구면 결합 마이크로 스트립 패치 안테나를 이용하여 구현하고자 하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 마이크로 스트립 안테나가 갖고 있는 가장 큰 문제점인 주파수 대역폭이 1~수 %정도로 좁기 때문에, 송수신 주파수를 달리하는 이동 및 위성 통신용 서비스 활용에는 문제를 갖고 있어 패치형 안테나가 제안된 이후로 광대역 특성에 관한 연구가 가장 활발히 연구되고 있는 실정이다<sup>[2]</sup>. 특히 David R. Pozar에 의해 개구면 급전(Aperture Slot coupled feeding)방법이 제안된 이후 다양한 대역폭 확장방법과 동작 주파수 대역을 조정하는 주파수 이동(Agility)방법 등도 제안되었다<sup>[3]</sup>. 패치 방사용 소자의 대역폭을 증가시키는 가장 직접적인 방법은 두껍고 저유전율의 기판을 사용하는 것이지만 급전회로에 의한 Spurious방사와 표면파 발생 급전 인덕턴스가 유도되는 문제가 있다. 지금까지 알려진 패치 안테나의 대역폭 증가방법에는 크게 임피던스 매칭, 다중공진(multiple resonances)법을 사용하여 실효 근사 결합 패치를 줄이는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 Proximity coupled patch 방법중의 하나인 개구면 결합 급전 방법에 의한 마이크로스트립 패치를 이용 대역폭을 증가시키고자 하였으며, 특히 패치의 외곽에 밴드 형태를 한 기생 소자 (parasitic element)를 설치하여 Parasitic-Tuned 마이크로스트립 패치 안테나의 특성을 해석하여 기존의 패치 만을 갖는 구조와 비교하였다.

## II. 패치 안테나 설계

마이크로스트립 안테나는 유전체위에 매우 얇은 도체로 구성되고 마이크로스트립 패치는 최대 방사각 수직으로 향하도록 설계된다. 이는 패치 아래 여기 모드

를 적절히 선택함으로써 가능하다. 직사각형 패치에 대하여 길이  $L$ 은 보통  $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ 이다. 또한 마이크로스트립 안테나에 사용되는 유전상수들은 보통  $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ 이다. 안테나와 연결되어지는 초고주파 회로는 높은 유전상수와 얇은 기판이 필요하기 때문에 좋은 안테나 성능과 회로 설계에 사이에는 상호 배타적이다.

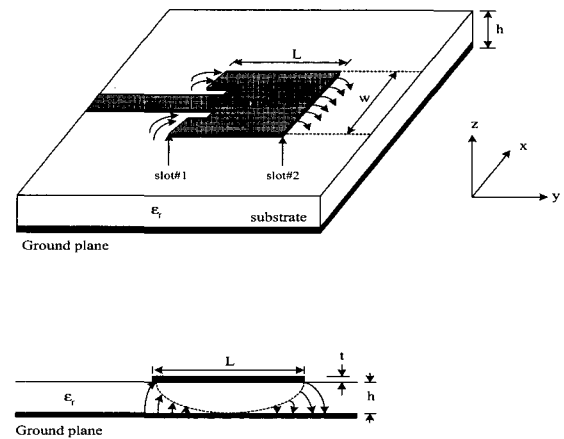


그림 1. 패치 안테나의 복사 형태와 전계분포  
Fig. 1. Radiation type and Field of microstrip patch antenna.

마이크로스트립 패치 안테나의 가장 일반적인 구조는 그림 1에 주어진 바와 같이 Edge-feeding 구조의 마이크로스트립 급전 선로로 입력된 전자원이 직사각형 형태의 복사 패치의 두 복사 에지(Edge)에서 복사원이 되어 호이겐스 원리에 의하여 Z축 방향으로 주빔을 구성하여 복사되는 원리이다<sup>[4,5]</sup>. 안테나의 시뮬레이션은 평판회로 해석에 널리 이용되고 있는 시간영역 유한차분법 (Finite Difference Time Domain)을 이용하여 시뮬레이션하고, 경계조건으로 PML방법을 사용하였다.

아래 식(1)에 의하여 패치의 폭은 계산되어진다.

$$W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r}} \quad (1)$$

식 (1)에서  $W$ 는 패치의 폭,  $C$ 는 자유공간에서 광속도,  $\epsilon_r$ 는 비유전율이며,  $f_0$ 는 동작 주파수를 나타낸다. 마이크로 스트립선로의 실효 유전율 값을 계산하면 다음 식 (2)와 같이 구하여진다.

$$e_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-1/2} \quad (2)$$

여기서,  $h$ 는 유전체의 두께이고  $w$ 는 도체 폭을 나타낸다. 패치의 가장자리 부근에서 fringing field가 발생하게 되므로 이를 보완하여주기 위하여  $\Delta L$ 을 구하면 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta L = h(0.412) \frac{(e_{eff} + 0.3)(w/h + 0.264)}{(e_{eff} - 0.258)(w/h + 0.8)} \quad (3)$$

식 (4)와 (5)는 각각 패치의 길이와 실효길이를 계산한 식이다.

$$L = \frac{\lambda}{2} - 2\Delta L \quad (4)$$

$$L_e = L + 2\Delta L \quad (5)$$

공진 주파수는 다음 식 (6)에 의하여 구해진다.

$$f_{mn} = \frac{k_{mn} c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

여기서,  $k_{mn}^2 = \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{W}\right)^2$ 이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 마이크로스트립 패치에 직접 마이크로스트립 급전선로를 접속한 구조로 마이크로 스트립 급전선로와 패치 사이에 임피던스 정합을 위해 패치 상에 50Ω되는 점을 찾아서 패치 내부로 급전 선로를 삽입시킨 구조이다<sup>[3,4]</sup>. 위의 식 (1)에서 (6)까지의 식을 이용하여 설계 주파수 27 GHz에 대한 패치의 폭과 길이를 계산하면, 패치의 폭  $W=4.3\text{mm}$ , 길이  $L=3.8\text{mm}$ 값을 구할 수 있으며, 전체 셀의 크기는  $99 \times 98 \times 40$ [개]이다. 여기서 단위 셀 크기는  $\Delta x=0.215\text{mm}$ ,  $\Delta y=0.2138\text{mm}$ ,  $\Delta z=0.196\text{mm}$ 로 주었으며, 경계조건으로는 현재 가장 널리 이용되는 PML경계조건을 사용하였다. 설계에 이용한 기판 파라미터 값은 테프론 기판을 기준으로 하여 비유전율  $\epsilon_r=2.6$ , 두께는  $h=0.78\text{mm}$ 이며, 경험적으로 한두 번의 시뮬레이션으로 원하는 동작주파수 대역을 찾을 수 없으므로 실제로 시뮬레이션 과정에서 약간의 폭과 길이 값의 조정이 필요하다. 여기서, 급전선로의 폭은  $2.1\text{mm}$ , 급전선로와 패치간의 간격은  $0.43\text{mm}$ 로 설계하였다.

그림 2는 그림 1의 반사계수로서 그림에서 볼 수 있듯이 단일 패치 구조로 설계하였을 때는 극히 좁은

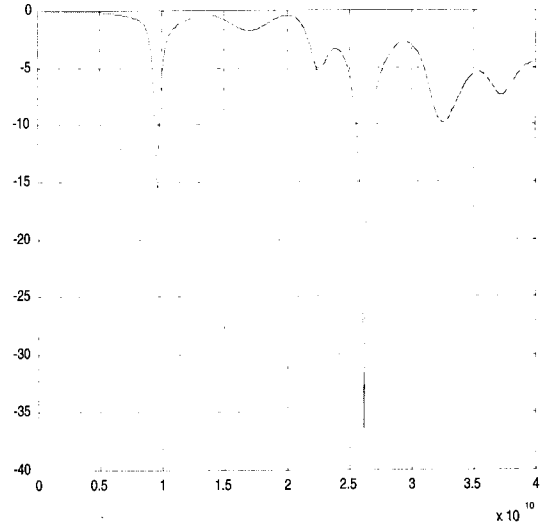


그림 2. 그림 1의 단일 패치 반사 계수  
Fig. 2. Return Loss single patch of the fig1.

주파수 대역폭을 나타내고 있어, 양방향을 원하는 광대역 통신용 안테나로는 문제가 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 프린팅효과 및 접지면과 도체사이에 발생하는 기생 요소 등과 같은 여러 기생 요소에 의한 결과로 사려된다. 안테나 반사 손실(Return Loss)은 아래 식 (7)과 같이 입력 신호  $E_{in}(f)$ 와 반사신호  $E_{ref}(f)$ 을 주파수 영역으로 변환하여 계산 할 수 있다.

$$S_{11}(f) = \frac{E_{ref}(f)}{E_{in}(f)} \quad (7)$$

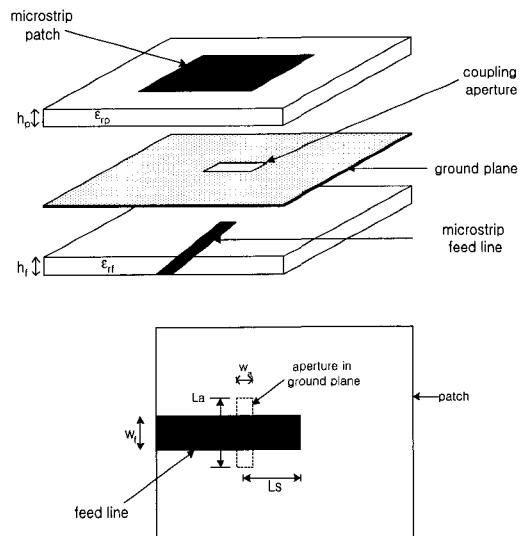


그림 3. 개구면 결합 패치 안테나 구조  
Fig. 3. Structure of aperture coupled patch antenna.

그림 3은 개구면 결합 마이크로스트립 패치 안테나 구조로서 가장 하단의 마이크로 스트립 선로 위에 유전체층이 존재하고 그 위에 슬롯을 두고 그 위에 구형 마이크로 스트립 패치 안테나가 있는 구조로서 하단의 마이크로스트립 선로를 통하여 입사된 전자계가 개구면을 통하여 상단의 패치 안테나와 전자기적 결합을 일으켜 패치 안테나에 전자원이 공급되는 구조이며, 일반적으로 마이크로스트립 패치 구조로 주파수대역 넓히기 위하여 주로 이용되는 적층 구조를 만들것자 할 때 많이 사용하는 형태이다<sup>[6]</sup>.

다음의 그림 4는 그림 3의 구조를 시뮬레이션 하였을 때 반사계수를 계산한 곡선으로 LMDS 주파수 영역인 24.6~28.5 GHz 대역에서 공진을 일으키는 것을 볼 수 있으며, 27 GHz의 중심주파수 부근에서 최대 공진 점이 나타난다. 마이크로 스트립 급전 방법에 의한 단일층 마이크로스트립 패치 안테나의 주파수 대역과 개구면 결합 적층 구조와 비교하면 주파수대역이 매우 증가하였음을 나타내고있다.  $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 하였을 때 24.6~28.5 GHz의 동작대역을 갖는 소형 안테나 특성상 매우 좋은 정재파비 특성을 보임을 알 수 있었다. 그림 2와 4의 9 GHz 대역에서 나타나는 공진은 급전점과 패치와의 부정합으로 인함이다.

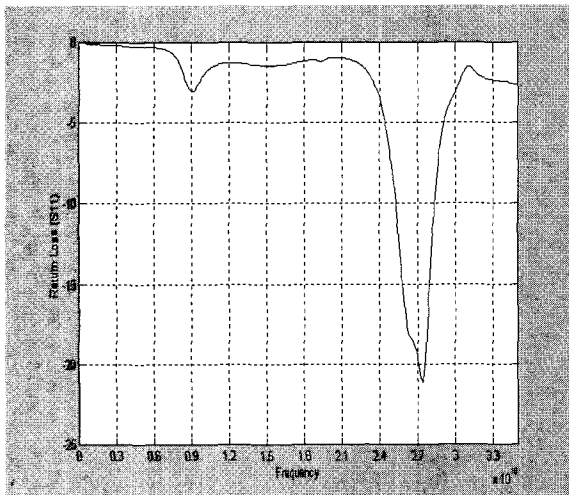


그림 4. 그림 3의 반사계수  
Fig. 4. Return Loss of fig.3.

그림 5는 임피던스 값으로 실효 저항과 무효 저항이며, 여기서 실선은 실효저항, 에스테리스크를 포함한 선분은 무효 저항 곡선이다. 그림에서 볼 수 있듯이 24.5

GHz와 28.5 GHz사이에서 마이크로 스트립 특성 임피던스인 50Ω에 근접함을 볼 수 있고, 무효저항 또한 같은 주파수 대역에서 0Ω에 근접함을 볼 수 있다.

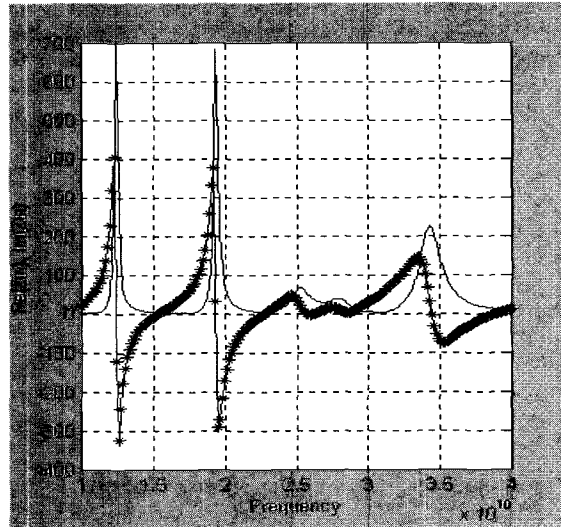


그림 5. 그림 3의 입력 임피던스  
Fig. 5. Input impedance of fig.3.

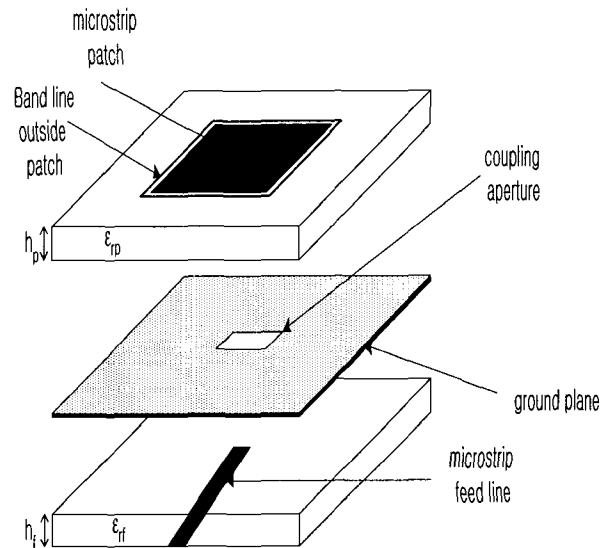


그림 6. 외부 밴드를 갖은 개구면 결합 패치 안테나  
Fig. 6. Antenna structure of aperture coupled patch with outside band.

그림 6의 구조는 본 연구에서 제안한 구조로 기존의 개구면 결합구조 방법에서 구형 패치의 외곽에 밴드를 설치한 구조이다. 여기서 단위 셀 크기는  $\Delta x = 0.215$ ,  $\Delta y = 0.215$ ,  $\Delta z = 0.195$ [mm]며, 패치 안테나와 밴드와

의 간격은 한 셀 간격이고, 밴드의 폭 또한 한 셀 길이이다.

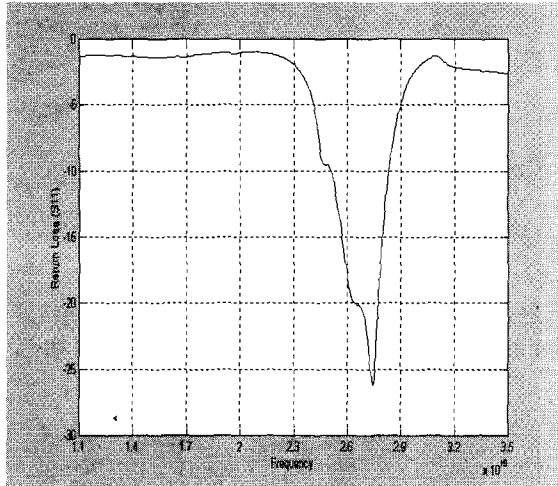


그림 7. 그림 6의 반사 계수  
Fig. 7. Return loss of fig. 6.

그림 7은 본 연구에서 제안한 구조의 반사계수로 그림 4의 일반구조의 패치 안테나 반사계수와 비교하였을 때 보다 좋은 급전선 정합을 보여주고 있으며 이는 패치 외곽의 밴드가 패치 안테나에서 발생하는 여러 기생요소를 최소화 한 것으로 예측할 수 있다.

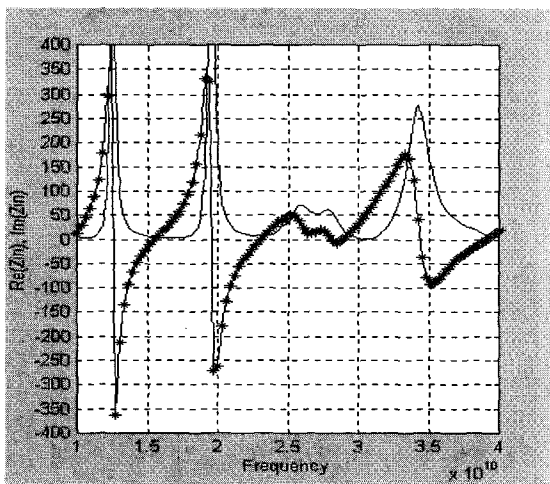


그림 8. 그림 6의 입력 임피던스  
Fig. 8. Input impedance of fig. 6.

그림 8은 그림 6의 본 논문에서 제안한 구조의 임피던스 곡선으로 위의 예에서 언급한 것과 같이 최대 공진 주파수 대역에서 각각 알맞은 특성을 보이고 있다.

그림 9는 스미스 차트를 통하여 본 연구에서 제안한 구조가 기존의 구조에서 보다 월등히 넓은 대역폭과 좋은 정재파비를 나타내고 있음을 확인할 수 있으며, 24.5 GHz와 28.5 GHz 사이에서 정재파비가 2이하인 점의 초기 주파수인 24.5 GHz에서 볼 때 제안된 구조는 반경 2인 원 안에 들어가나 일반구조의 곡선은 4와 5의 원형 사이에서 시작되고 있는 것을 볼 수 있다. 스미스 차트에서도 반경이 2인 원 내에 제안한 구조의 곡선이 일반 구조의 곡선에 비하여 광대역으로 나타남을 알 수 있다. 또한 반경이 1인 곡선에 매우 근접하게 접근함을 볼 수 있어 입력 임피던스가 정규화된 특성 임피던스에 가까움을 확인할 수 있으며, 본 논문에서 제안한 구조와 같이 패치의 구조를 변형함으로써 마이크로 스트립 패치 안테나에서 큰 문제로 대두되는 프린팅 효과를 감소시킬 수 있으며 이로 인하여 계산 값에 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 확인할 수 있었다.

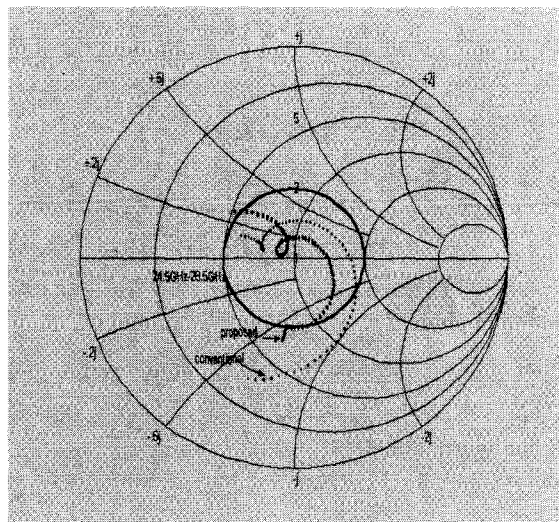


그림 9. 개구면 결합에 의한 마이크로스트립 패치안테나의 입력 임피던스

Fig. 9. Input impedance of aperture coupled microstrip patch antenna.

### III. 결 론

안테나의 대역을 증가시키기 위한 방법으로 몇 가지

의 방법이 있으나, 개구면 결합 방법에 의한 구형 패치 안테나로 대역을 증가시켜 LMDS 수신용 안테나를 설계하였으며, 본 연구에서는 패치의 구조를 변형시켜 구형 패치 외곽 부에 밴드를 설치하여 프린징 효과를 최소화시키고자 하였으며 이로 인한 안테나 효율의 증가와 주파수 대역의 증가 및 설계하고자 하는 대역의 안테나 설계시 계산 파라미터 값과 실제 시뮬레이션 값의 차가 크지 않으므로 설계가 용이하다는 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 2.0으로 기준 하였을 때 일반 형태가 약 3.2 GHz의 대역폭을 갖은 반면, 밴드를 갖은 구조는 3.8 GHz의 대역폭을 갖은 것을 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

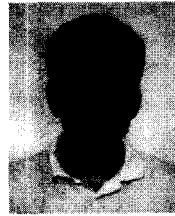
- [1] D.M. Pozer, "A microstrip antenna aperture coupled to a microstripline," Electron. Lett., Vol. 21, pp.49~50, Jan 1985.
- [2] Pozer, D.M., and Kaufman, B, "Increasing the bandwidth of a microstrip antenna by proximity coupling", Electron. Lett., 23, pp.368~369. 1987.
- [3] D.M. Pozer, "A reciprocity 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] Moon-Hee Chung and Sangwook Nam, "Analysis of rectangular patch antenna coupled by microstrip feedline gap discontinuity" IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-34, pp.1236~1239, May 1993.
- [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.

### 저 자 소 개



李玄辰(正會員)

1982년 : 조선대학교 전기공학과(공학사). 1991년 : 원광대학교 전자공학과(공학 석사). 1996년 : 전남대학교 전기공학과(공학박사). 1997년~1998년 : Pennsylvania State University 전기공학과 방문교수. 1992년~현재 : 동강대학 전자정보과 조교수. 관심분야 : 안테나 설계 및 전파응용, RF소자설계



金兌弘(正會員)

1997년 : 전남대학교 전자공학과(학사). 1999년 : 전남대학교 전자공학과(석사). 1999년~현재 : 전남대학교 전자공학과(박사과정). 관심분야 : 전자파해석, 초고주파 회로설계



林永錫(正會員)

1980년 서울대학교 전자공학과(학사). 1982년 서울대학교 전자공학과(공학 석사). 1989년 전북대학교 전자공학과(공학 박사). 1984년~현재 : 전남대학교 전자공학과 정교수. 관심분야 : 전자파해석, 안테나, 초고주파회로 설계