

CPW 급전 광대역 슬롯 안테나 설계

Design of Wide-Band Slot Antenna with CPW-Fed

김명석 · 신경섭 · 김영두 · 이홍민

Myong-suk Kim · Kyung-Sup Shin · Yong-Do Kim · Hong-Min Lee

요 약

본 논문에서는 새로운 구조의 CPW 급전 광대역 슬롯 안테나를 제안하였다. 안테나의 슬롯 구조를 비대칭 곡선형 테이퍼 형태로 구현하여 다중 공진 모드를 형성시킴으로써 임피던스 대역폭을 확장시키는 효과를 가져왔다. 제안된 안테나의 측정된 임피던스 대역폭(VSWR≤2)은 약 13:1(2.0 GHz~25.9 GHz)을 나타내었다. 이는 기존의 CPW 급전 슬롯 안테나의 임피던스 대역폭을 크게 개선한 것이며 모의실험 및 측정된 반사손실과 복사 패턴을 표현하였다.

Abstract

In this paper, a new design for a Coplanar Waveguide(CPW) fed wide-band slot antenna is presented. To enhance the impedance bandwidth of the slot antenna, we proposed the tapering slot structure. A various resonance modes are generated in the tapering slot. The measured impedance bandwidth of the proposed antenna is about 13:1(2.0 GHz~25.9 GHz) with VSWR≤2. Simulation and measurement results for return loss and radiation pattern are presented.

Key words : CPW, Wide-Band, Slot Antenna

I. 서 론

최근 이동통신 기술의 발달에 따라 주파수의 활용 범위가 증대되고 있으며 이에 따라 광대역 특성을 갖는 안테나의 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 3세대 이동통신이라 불리는 IMT-2000 서비스와 더불어 4세대 이동통신은 광대역 디지털 이동 통신 시스템으로서 개발이 이루어지고 있다. 또한, 광대역 특성은 LAN(Local Area Network)과 PAN(Personal Area Network) 등의 근거리 통신 분야에서 관심이 집중되고 있다.

무선 이동통신은 휴대성을 최대한 보장하기 위하여 경량화, 소형화에 초점을 맞추며 그로 인해 마이크로 스트립 패치 안테나에 관심이 쏠리게 되었다. 그러나 일반적인 마이크로 스트립 패치 안테나의 협대역 임피던스 대역폭을 갖는 단점은 광대역 통신에

적합하지 않기 때문에 광대역 특성을 갖는 안테나의 연구를 진행하게 되었다. 공진형 안테나의 광대역 및 다중 대역 특성 확보는 기본 공진 모드의 표면 전류 분포를 변화시켜 고차 모드(higher order modes: TM_{10} , TM_{20} , ...)를 이용하는 방법^[1]과 주 방사소자 주변에 기생패치를 평면 및 적층 형태로 부설하여 커플링 효과에 의해 기생 패치에 다른 설계 중심 주파수를 설계하는 방법^{[2],[3]}, 제한된 평면 형태의 방사소자에 다중 공진 경로를 확보하기 위해 슬릿을 부설하는 방법이 일반적인 방법이었다. 또한 슬롯 형태의 방사 구조를 이용한 안테나 설계 방법과 CPW 급전구조 방식^[4]에 의한 방법들의 접목으로 다양한 광대역 특성을 갖는 구조가 연구되었다. 특히, CPW 급전 구조 방식은 마이크로 스트립 선로에 비해 분산이 적고, 광대역 특성을 얻을 수 있으며 접지면과 동일면에 급전 구조를 구현함으로써 급전 손실을 줄

경기대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kyonggi University)

· 논문 번호 : 20031115-16S

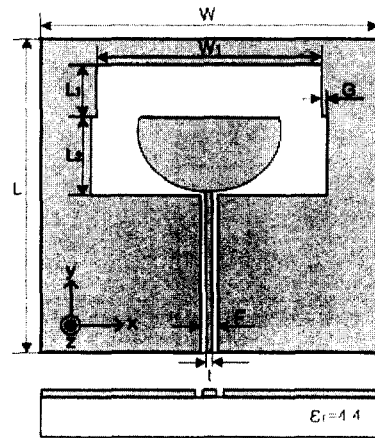
· 수정완료일자 : 2004년 1월 2일

일 수 있다. 또한 Via-hole을 사용하지 않고 수동소자나 능동소자의 직·병렬 부착이 용이하여 언급한 CPW 급전 특성을 이용하여 급전 종단부에 반원 구조의 튜닝 스테르브를 갖는 광대역 안테나를 설계하였다. 제안된 CPW 급전 구조의 슬롯 안테나^{[5]·[7]}는 급전 종단부의 반원 구조에 의한 곡선 테이퍼형 비대칭 슬롯에 다수의 공진 모드^[8]를 발생시켜 광대역 특성을 나타내었다. 제안된 안테나는 단일 평면 구조로 간단한 설계가 가능하며 제작 과정이 평판회로 공정 기법을 통해 이루어지므로 제작의 용이성 및 정확성을 기할 수 있으며 제작비용이 저렴하다.

II. 본 론

2-1 안테나의 구조

최근 광대역 안테나는 협대역 임피던스 대역폭을 개선하며 선로의 분산효과를 줄이는 장점을 가지고 있기 때문에 집적화가 용이한 CPW 급전 선로 형태를 많이 활용하는 경향을 가진다. 본 논문에서는 이러한 급전 구조와 방사 슬롯의 비대칭적 구조를 구현하여 단일 슬롯에서 기본 공진 모드 외에 배수차 공진 모드를 형성하는 기법으로 광대역화를 이루어나고 있다. 본 논문에서 제안된 안테나는 CPW 급전 구조와 곡선 테이퍼형 슬롯의 부설로 대역폭이 넓은 특성을 얻었으며 설계된 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. CPW 급전 구조는 광대역 특성을 얻을 수 있고 선로상의 급전 손실을 줄일 수 있으며 임피던스 정합이 용이하다. 또한 급전 종단부의 반원형 스테르브에 의한 테이퍼형 슬롯구조로 인해 슬롯의 폭이 점차 증가하는 형태로 여러 개의 공진 모드를 얻을 수 있기 때문에 다중 공진으로 인한 광대역 효과를 나타내게 된다. 이는 슬롯의 길이 증가에 따라 슬롯 폭이 변화하여 얻는 효과를 이용한 구조이며, 곡선 테이퍼형 슬롯에 의해 광대역의 임피던스 정합을 이룰 수 있다. CPW 급전 방식에 의해 입사된 신호는 그라운드와 급전선 사이의 슬롯에 전계를 형성하며 진행되고, 반원구조의 튜닝 스테르브와 그라운드 사이의 비대칭 곡선 테이퍼 형태의 슬롯에 공진 모드를 형성시킨다. 이때 기본공진 모드인 TE_{10} 모드를 형성시키며 x축의 길이가 증가함에 따라 y축의



$L \times W = 60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$, $L_1 \times W_1 = 10 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$
 $L_2 = 15 \text{ mm}$, $G = 2 \text{ mm}$, $F = 4 \text{ mm}$, $t = 2.4 \text{ mm}$, 원반경 = 15 mm

그림 1. CPW 급전구조를 갖는 광대역 슬롯 안테나
 Fig. 1. Wide-band slot antenna with CPW-fed.

폭이 증가하여 다중의 공진 모드를 형성시킨다. 이처럼 비대칭 구조의 슬롯내에 기본 공진 모드의 배수차 모드를 발생시켜 다중 공진을 일으킨다. 곡선 테이퍼형 슬롯 구조는 CPW 급전 종단부의 스테르브에서 직접 전달되어 전계가 형성되므로 설계 시 중요한 파라미터로 작용하게 된다.

2-2 모의 실험 및 측정 결과

본 논문에서는 안테나 제작에 FR-4 기판($\epsilon_r = 4.4$, $t = 1.6 \text{ mm}$)을 사용하였으며 CPW 급전방식으로 급전선의 특성 임피던스는 약 50 Ω 이고 측정된 안테나의 대역폭은 2.0 GHz부터 25.9 GHz까지의 광대역 특성을 나타내고 있다. 저주파 대역의 반사 손실 특성을 개선하기 위해 추가적인 사각 슬롯의 부설하였으며, 사각 슬롯의 유무에 따른 반사손실 특성을 그림 2에 나타내었다. 추가적인 사각 슬롯을 부설하지 않았을 경우에는 공진 주파수가 6.6 GHz에서부터 시작하지만 추가적으로 사각 슬롯을 부설하였을 경우에는 공진 주파수가 2.0 GHz에서 시작하는 것을 알 수 있다. 사각 슬롯을 부설하지 않았을 경우 2.0 GHz ~ 6.6 GHz 대역에서의 공진 성분은 슬롯의 구조에 비해 긴 파장을 갖게 되며 이로 인해 슬롯에서 공진 모드를 형성하지 못하게 되므로, 추가적인 슬

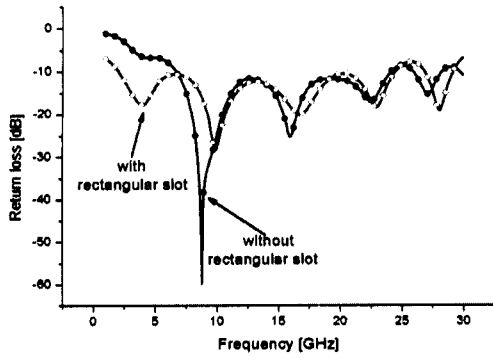


그림 2. 사각 슬롯 유무에 따른 반사손실
Fig. 2. Return loss for with or without rectangular slot.

롯을 부설하여 긴 파장의 공진 모드가 슬롯에서 형성되도록 하였다. 추가적인 사각 슬롯 부설로 인하여 전체적인 안테나의 임피던스 대역폭은 약 4 GHz 가량 증가함을 나타내었다.

개별 공진 모드에서 슬롯의 방사구조에서 형성된 전계 분포의 접선 성분을 그림 3에 나타내었다. CPW 급전 구조를 통해 입사된 표면 전류는 곡선면을 갖는 슬롯측으로 강하게 방사가 일어나며 이때 테이퍼형 슬롯에서 각각의 공진 모드가 형성되는 것을 볼 수 있다. 제안된 안테나에서 곡선 테이퍼형 슬롯은 x축의 길이 증가에 따라 y축의 폭이 증가하는 비대

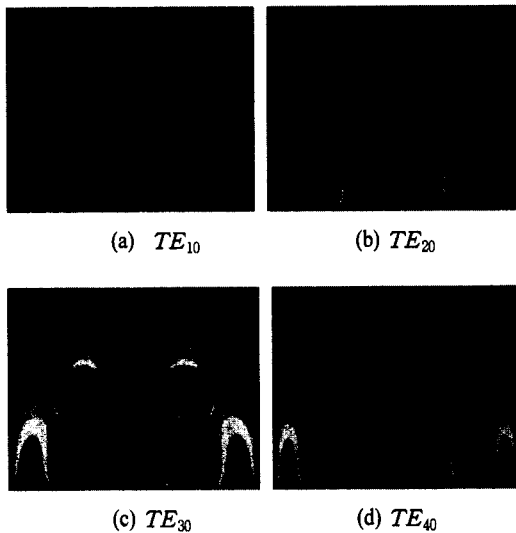


그림 3. 개별 모드 전계의 접선 성분
Fig. 3. Tangential components of electric field at each modes.

칭적인 슬롯의 구조로 인하여 여러 개의 공진 모드를 발생시킬 수 있음을 보여주며 그로 인해 제안된 안테나가 광대역 특성을 얻을 수 있는 구조임을 확인할 수 있다. 주파수 3.7 GHz에서 단일 기본 공진 모드인 TE_{10} 모드가 형성되며 10 GHz에서는 기본 모드의 2배 차수 모드가 발생하는 것을 볼 수 있다. 17 GHz와 23 GHz에서는 기본 TE_{10} 의 3차, 4차 모드인 TE_{30} , TE_{40} 가 발생한다. 이처럼 제안된 안테나의 비대칭 테이퍼형 슬롯에서 기본공진 모드 외에 배수차 공진 모드의 형성을 가져오며 이는 제안된 안테나가 광대역 특성을 얻을 수 있음을 보여준다.

그림 4에 제안된 안테나의 시뮬레이션된 복사패턴을 각각의 공진 모드별로 나타내었다. 사각 슬롯이 부설되어 공진이 일어나는 최저 주파수인 3.7 GHz에서는 기본 공진 모드(TE_{10})가 형성되어 양호한 복사 패턴을 보이며 곡선 테이퍼형 슬롯의 y축 길이의 증가에 따른 구조적인 비대칭 영향으로 15° 와 165° 부근에서 최대방사를 이루게 된다. 또한 10 GHz, 17 GHz, 23 GHz와 같은 기본 TE_{10} 의 배수차 모드들의 복사 패턴은 약간의 일그러진 모습을 보인다. 이는 기본 모드의 배수차 모드로 증가함에 따라 null점이 형성되며 이로 인한 패턴의 왜곡으로 보여진다. 제안된 안테나의 만족하는 임피던스 대역폭

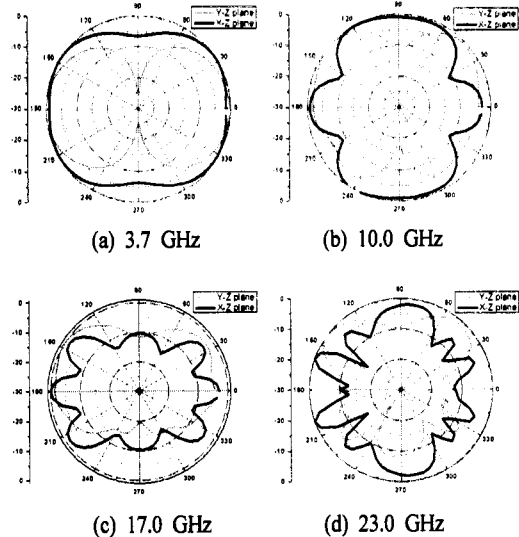


그림 4. 시뮬레이션된 복사 패턴
Fig. 4. The simulated radiation patterns.

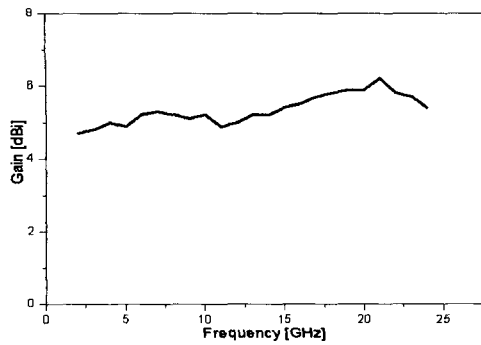


그림 5. 제안된 안테나의 시뮬레이션된 이득
Fig. 5. The simulated gain of the propose antenna.

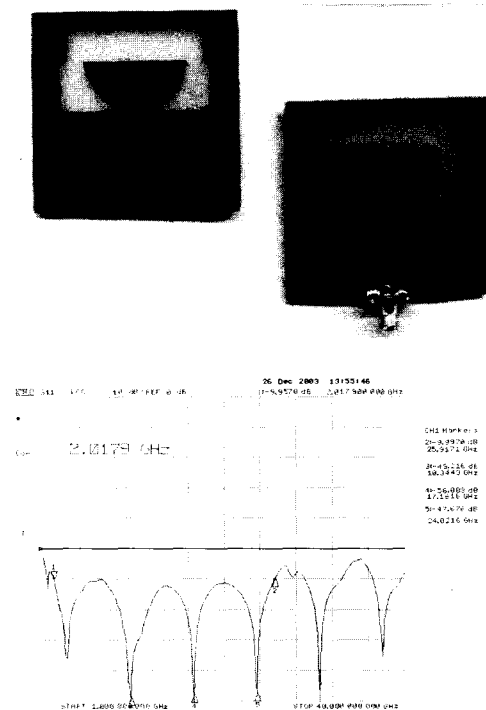


그림 6. 제작된 안테나 및 측정된 반사 손실
Fig. 6. The fabricated antenna and measured return loss.

내에 상대적인 고주파일수록 복사패턴의 왜곡이 점차 심해지며 이는 다중 공진 모드의 상호간 간섭과 각 공진 모드의 특성에 의해 일어나는 현상으로 추측되어진다.

그림 5는 제안된 CPW 급전 구조 슬롯 안테나의 시뮬레이션 된 주파수에 따른 이득을 나타내었다. 임피던스 대역폭을 만족하는 모든 대역에서 4 dBi 이상의 이득을 보이고 있으며 특히 16 GHz에서 25

GHz 대역에서는 5 dBi 이상의 이득을 보이고 있다. 안테나의 이득은 임피던스 대역폭을 만족하는 전 대역에서 4.75~6.54 dBi 사이의 이득값을 가진다. 그러므로 제안된 안테나는 안테나의 이득 측면에서도 광대역 안테나로 사용이 가능할 것으로 사료된다.

제작된 안테나와 측정된 반사손실 특성을 그림 6에 나타내었다. 안테나의 반사손실 측정에는 Agilent Technologies사의 8722ES network analyzer를 사용하였다. 제작된 안테나의 반사손실 특성은 40 GHz까지 측정되었다. 제작된 안테나의 측정된 반사손실 결과 값은 2.0 GHz에서부터 시작하여 25.9 GHz까지 약 13:1의 대역폭을 나타내었다. 또한 각 모드별 공진 주파수는 시뮬레이션 결과 값과 동일한 공진 주파수를 보이며, 측정된 반사손실 값도 시뮬레이션 값과 비교하여 각 공진 주파수에서 약 -30 dB ~ -50 dB의 양호한 결과를 보이고 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 CPW 급전구조와 슬롯을 이용한 광대역 안테나를 제안하였으며 CPW 급전구조의 종단부에 위치한 스티브에서 곡선 테이퍼형 슬롯으로 강하게 전계가 전달되어 비대칭형 슬롯구조로 인한 다중 모드를 발생시키어 광대역 특성을 얻었다. 제안된 안테나는 급전구조와 슬롯사이의 곡선면을 이용함으로써 광대역에서 임피던스 정합 특성을 나타내었다. 각 모드별 전계의 분포를 통해 x축으로의 슬롯 길이가 늘어남에 따라 y축으로의 슬롯 폭이 증가하는 구조로 여러개의 공진모드를 발생시킴으로 넓은 대역에서 임피던스 대역폭을 만족하는 것을 확인하였으며 복사 패턴은 x축의 비대칭으로 인하여 기본 공진 모드인 TE_{10} 모드에서는 양호한 복사패턴을 보이고 있으나 배수차 모드로 진행됨에 따라 패턴의 일그러지는 현상을 나타내었다.

본 논문에서는 안테나의 각 모드별 전계 분포, 복사패턴 및 이득의 관점에서 광대역 안테나로의 사용 가능성을 확인할 수 있었으며 임피던스 대역폭 ($VSWR \leq 2$)은 13:1(2.0 GHz~25.9 GHz)이며 이득은 전 대역에서 4.75~6.54 dBi를 나타내었다. 그러므로 제안된 안테나는 광대역 안테나로의 사용이 가능할 것으로 사료되어진다.

참 고 문 헌

- [1] S. Maci, G. Biffi Gentili and G. Avitabile, "Single-layer dual frequency patch antenna", *Electronics Letters*, vol. 29, no. 16, pp. 1441-1443, Aug. 1993.
- [2] Kumar, G. K., C. Gupta, "Nonradiation edges and four edges gap-coupled Multiple resonator broadband microstrip antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-33, no. 2, pp. 173-178, Feb. 1985.
- [3] G. Kumar, K. C. Gupta, "Directly coupled multiple resonator wide-band microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-33, no. 6, pp. 588-593, Jun. 1985.
- [4] Laurent Giauffret, Jean-Marc Laheurte and A. Pa-poernik, "Study of various shapes of the coupling slot in CPW-fed microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 45, no. 4, pp. 642-647, Apr. 1977.
- [5] M. Miao, B. L. Ooi and P. S. Kooi, "Broadband CPW-fed wide slot antenna", *Microwave Opt. Technology Lett.*, vol. 24, no. 3, May 2000.
- [6] Alpesh U. Bhoje, Christopher L. Holloway and Melinda Picket-May, "CPW fed wide-band hybrid slot antenna", *IEEE int. Antennas Propagat. Symp. Dig.*, vol. 38, pp. 636-639, Jul. 2000.
- [7] Jen-Fen Huang, Chih-wen Kuo, "CPW-fed bow-tie slot antenna", *Microwave Opt. Technology Lett.*, vol. 19, no. 5, Dec. 1988.
- [8] 이진택, 박익모, 신철재, "CPW 급전 비동심 원형 슬롯 안테나", 2002년도 춘계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, 25(1), pp. 521-524, 2002년 5월.

김 명 석



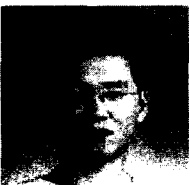
1980년 2월: 동아대학교 전자공학과 (공학사)
 1997년 2월: 연세대학교 전파공학과 (공학석사)
 2000년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] RF능동소자, 안테나

김 영 두



2000년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학사)
 2002년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학석사)
 2002년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자

신 경 섭



2003년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] RF능동소자 및 안테나 설계

이 흥 민



1972년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1974년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 교수
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 전파전파, RF수동소자