

초광대역 CPW 급전 슬롯안테나

CPW Fed Ultra Wide Band Slot Antenna

김 기 수 · 박 동 국

Ki-Soo Kim · Dong-Kook Park

요 약

본 논문에서는 새로운 광대역 급전구조를 활용한 초광대역 CPW 급전 슬롯안테나를 제안하였다. 임피던스 대역폭을 확장하기 위해 새로운 보우-타이 슬롯의 광대역 급전부를 사용하였고 $\lambda/2$ 직사각형 방사슬롯 4개와 inductively coupling 방식의 급전 구조로 되어 있다. 측정된 10 dB 임피던스 대역폭은 약 60 % (5.2~9.4 GHz)이며 모의 실험한 안테나 이득은 7.36 GHz에서 약 6 dBi를 나타내고 있다.

Abstract

In this paper, a CPW fed slot antenna with novel broadband feed structure is presented. To enhance the impedance bandwidth of the slot antenna we proposed the broadband feed structure of new bow-tie slot which is combined with four $\lambda/2$ rectangular radiation slot and inductively coupled. The measured 10 dB impedance bandwidth is about 60 % (5.2~9.4 GHz) and the simulated antenna gain is about 6 dBi at 7.36 GHz.

Key words : Ultra Wide Bandwidth, Slot Antenna, CPW, Broadband Feed

I. 서 론

최근 이동통신 및 위성통신 등 무선통신의 급속한 발달로 음성위주의 협대역 통신에서 벗어나 인터넷, 멀티미디어와 같은 광대역 통신으로 그 주파수 활용대역이 넓어지고 높아지고 있다. 이러한 새로운 통신체계의 변화에 대응하는 효율적인 광대역 안테나 개발이 주목받고 있다. 광대역 안테나는 다중대역의 통신 서비스를 하나의 안테나를 사용하여 다양한 정보와 빠른 서비스를 제공하는데 사용되고 또한 지반탐사레이더, 전자파 장애 측정, 최근엔 점유 대역폭 500 MHz 이상을 차지하는 무선 전송 기술 시스템인 초광대역(UWB: Ultra Wide Band) 통신^[1] 시스템에 맞는 초광대역 안테나 개발이 요구되어지고 있다.

가볍고 제작이 간편하여 제작비용이 저렴한 장점

을 갖는 평판형 안테나를 사용한 광대역 안테나 연구가 많이 이루어져 왔다. 그러나 일반적인 마이크로 스트립 패치안테나의 경우, 주파수 대역폭이 수 %에 지나지 않아 광대역 통신에 사용하기엔 부적합하므로, 튜닝 스테브, 리액티브 로드, 적층 구조를 이용하는 등의 기법을 사용하여 광대역화 하는 방법에 대한 연구가 진행되어 왔고 광대역 방사소자를 활용한 quasi-yagi, hybrid slot, bow-tie, spiral, log-periodic 등의 형태로 광대역 평판 안테나에 대한 연구도 이루어져 왔다.

이와 더불어 평판형 마이크로파 안테나의 급전선으로는 마이크로스트립 선로가 일반적이었으나 최근 능동소자나 수동소자와의 집적화가 용이한 CPW 선로의 활용이 증가해지고 CPW 급전 안테나 개발이 이루어지고 있다. 이 중 CPW 급전 슬롯안테나의 경우, 일반적인 마이크로스트립 패치나 다이폴에 비

한국해양대학교 전자통신공학과(Dept. of Electronic and Communication Eng., Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20021211-174

· 수정완료일자 : 2003년 5월 2일

해 상대적으로 대역폭이 넓기 때문에 광대역화에 대한 연구가 이루어져 왔다. 문헌에 발표된 예를 살펴보면 CPW 급전 슬롯안테나의 슬롯 모양이 직사각형^[2], 보우-타이(bow-tie)^[3], 원형^[4], 폴디드-다이폴^[5], 하이브리드^[6], 브릭 월(Brick-wall)^[7], 보우-타이와 다이폴을 결합한 것^[8]과 같은 다양한 형태가 발표되었다. 이들은 광대역 특성을 얻기 위해 방사슬롯의 수를 늘리거나^{[5]-[7]}, 기존 슬롯의 모양의 변형^[3] 및 서로 다른 형태의 방사소자를 결합하여 다중 공진을 활용하는 기법^{[4],[8]}으로 광대역 특성을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 방사소자로 직사각형 슬롯을 사용하고 새로운 형태의 임피던스 정합용 광대역 급전 구조를 사용하는 초광대역 CPW 급전 슬롯안테나 설계방법에 대해 기술하였다. 제안하는 광대역 급전 구조는 보우-타이와 유사한 형태를 갖고 있다. 안테나 구조에 관하여 구체적인 설명을 II장에서 기술하였고, III장은 MOM(Method of moment)방식의 시뮬레이터인 앙상블(Ensemble)로 모의 실험하여 안테나의 설계 변수에 대한 결과를 정리하였으며, 이를 통해 광대역 안테나를 제작 측정하여 반사 손실과 복사 패턴 및 이득에 대해 알아보았다. IV장에서는 결론을 기술하였다.

II. 안테나 구조

본 논문에서 제안하는 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다. 제안한 안테나는 50 Ω CPW 급전선로를 통해 광대역 급전부를 거쳐 중심주파수의 대략 $\lambda/2$ 길이 정도의 직사각형 방사슬롯 4개의 끝부분에 inductively coupling 방식으로 급전되는 구조이다. 본 논문에서 제안하는 광대역 급전부는 각도와 크기가 다른 보우-타이 슬롯을 겹쳐 놓은 것과 같은 형태이다. 보우-타이 슬롯의 개수, 각도 및 길이의 변화에 따른 시뮬레이션을 통해 광대역 급전부로 flare 각도가 각각 15°, 45°, 90°인 보우-타이 슬롯 3개를 사용하였다. 광대역 급전부의 길이와 폭은 20 mm로 고정하였다. 이와 같이 flare 각도가 점진적으로 증가하는 3개의 보우-타이형 슬롯을 사용함으로써 인하여 완전한 임피던스 변화가 생겨 광대역 특성이 얻어지도록 하였다. 구체적인 안테나 설계 파라

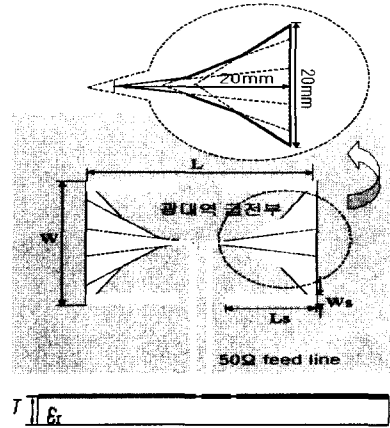


그림 1. 제안된 안테나 구조

Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

미터 변화에 따른 안테나의 특성 변화를 시뮬레이션하여 다음 절에 설명하였다. 사용한 유전체 기판은 비유전율 $\epsilon_r=3.38$, 두께($T=0.81$ mm)인 RO4003 기판을 사용하였다.

III. 모의실험 및 측정결과

일반적인 직사각형 슬롯안테나를 모의실험하여 주파수에 따른 반사손실의 변화를 그림 2에 나타내었다. 그림 2로부터 슬롯의 길이에 따라 공진주파수가 변화함을 알 수 있었고 10 dB 임피던스 대역폭이 대략 20 % 정도 되는 것을 알 수 있다. 제안된 광대역 급전구조를 갖는 그림 1의 안테나에서 직사각형 슬롯의 길이(L_s) 변화에 따른 공진주파수 변화

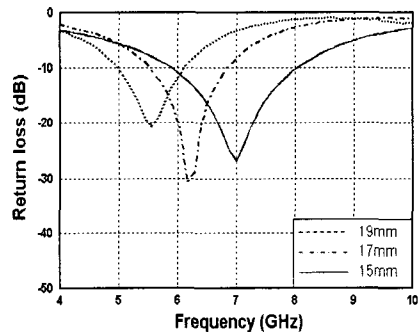


그림 2. 슬롯의 길이에 따른 직사각형 슬롯안테나 반사손실 변화

Fig. 2. Return loss of a rectangular slot antenna as function of the length of slot.

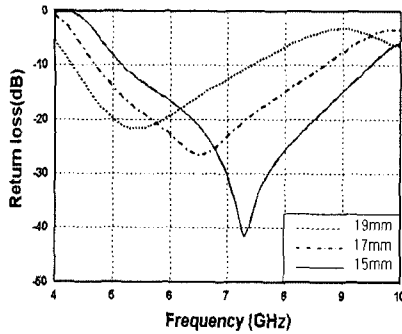


그림 3. 슬롯의 길이(Ls)에 따른 제안된 안테나 반사 손실 변화

Fig. 3. Return loss of the proposed antenna as function of the length of slot.

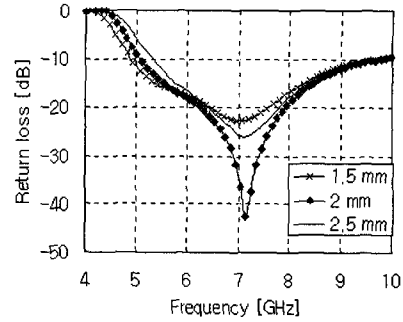


그림 4. 방사 슬롯의 폭(Ws) 변화에 따른 반사손실 변화

Fig. 4. Return loss as function of radiating slot width.

표 1. 모의 실험한 안테나 공진주파수

Table 1. Resonance frequency of simulated antennas.

방사슬롯 길이(Ls)	Resonance frequency (Simulation)	
	Rectangular slot antenna	Proposed slot antenna
19 mm	5.5 GHz	5.44 GHz
17 mm	6.2 GHz	6.52 GHz
15 mm	7 GHz	7.36 GHz

를 그림 3에 나타내었다. 그림 2와 그림 3으로부터 직사각형 슬롯안테나와 제안된 광대역 슬롯안테나의 방사슬롯 길이에 따른 공진 주파수 변화를 정리하여 표 1에 나타내었다. 표 1로부터 제안된 안테나의 공진주파수의 변화는 직사각형 슬롯 안테나의 공진주파수와 5% 이내로 일치하므로, 직사각형 슬롯의 길이에 의해서 제안된 안테나의 공진주파수가 결정됨을 알 수 있다. 또한 그림 2와 그림 3을 통해 대역폭을 비교해 보면, 본 논문에서 제시한 급전구조를 사용함으로써 일반적인 직사각형 슬롯안테나보다 10 dB 임피던스 대역폭이 약 60%로 넓어져 초광대역 특성을 가짐을 알 수 있다.

슬롯의 폭(Ws)의 변화에 따른 특성 변화를 살펴보기 위해 슬롯의 폭에 따른 반사손실의 변화를 그림 4에 나타내었다. 그림 4로부터 슬롯의 폭(Ws)에 의해서는 공진주파수의 변화는 없고 단지 입력정합 특성이 변화가 생기며 본 구조에서는 Ws가 2 mm에서 가장 정합특성이 좋은 것을 알 수 있다.

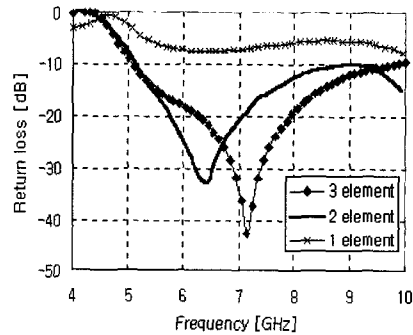


그림 5. 보우-타이 슬롯의 개수 변화에 따른 반사손실 변화

Fig. 5. Return loss as function of the number of bow-tie slots.

그리고 광대역 특성을 얻기 위해 사용한 보우-타이 형 슬롯의 개수 변화에 따른 안테나의 반사손실을 모의 실험하여 그림 5에 나타내었다. 보우-타이의 개수가 증가할수록 광대역의 특성이 얻어지는 것을 확인할 수 있다. 또한 광대역 급전 슬롯의 폭(W)의 길이 변화에 따른 반사손실의 변화를 모의 실험하여 그림 6에 나타내었다. W=12 mm의 경우는 폭을 작게 하려다 보니 보우-타이 2개를 사용하였고, 나머지는 3개를 사용한 결과이다. 그림 6으로부터 무조건 폭이 크다고 광대역 특성이 얻어지는 것이 아니며, 광대역 특성을 얻기 위한 적절한 폭의 길이가 존재함을 알 수 있다. 그림 6에서 대략 중심 주파수의 반과장 정도의 폭에서 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

그림 7은 실제 제작한 광대역 급전 슬롯안테나를 나

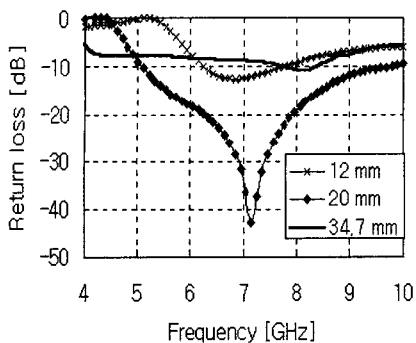


그림 6. 보우-타이 슬롯의 폭(W) 변화에 따른 반사손실 변화
 Fig. 6. Return loss as function of width of bow-tie slot.

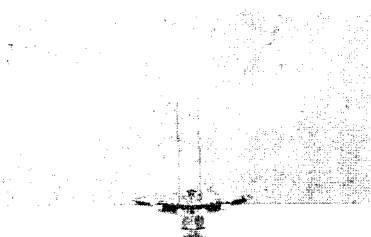


그림 7. 제작된 안테나
 Fig. 7. Fabricated antenna.

타내었다. 본 안테나의 전체 크기는 $L=44$ mm, $W=20$ mm이며 광대역 급전부의 크기는 길이와 폭이 20 mm를 가지며 직사각형 슬롯의 길이는 $L_s=15$

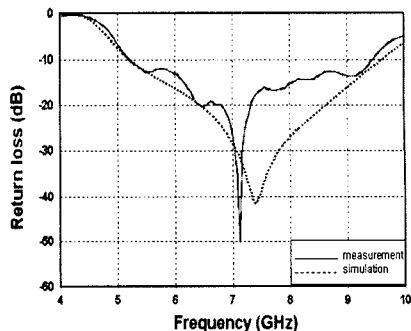
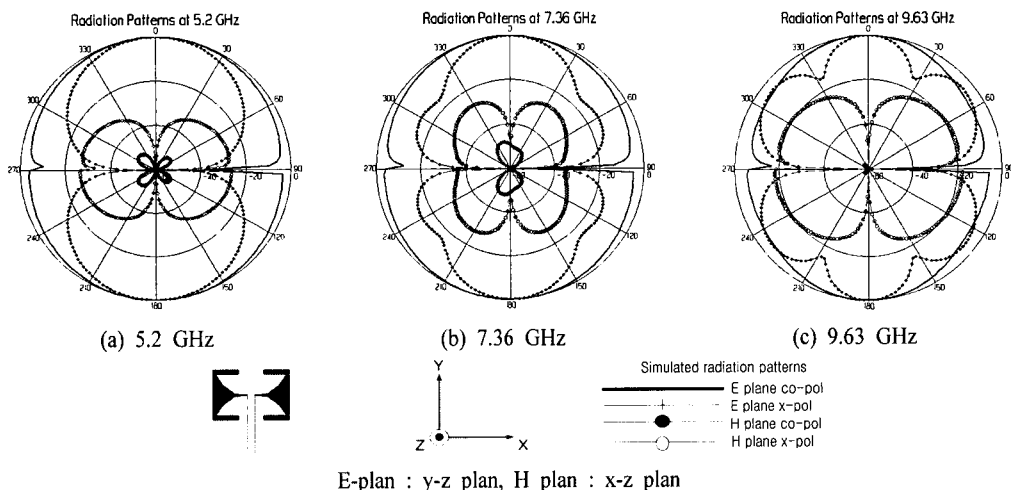


그림 8. 안테나 모의실험 및 측정결과
 Fig. 8. Simulated and measured results of the proposed antenna.

mm, $W_s=2$ mm로 설정했다. 제작한 안테나의 반사손실을 모의실험한 결과 및 측정결과를 비교하여 그림 8에 나타내었다. 제작된 안테나는 7.15 GHz에서 공진되고 10 dB 임피던스 대역폭은 약 60 % (5.2~9.4 GHz)로 광대역 특성을 얻을 수 있었으며 시뮬레이션 결과와 유사함을 알 수 있다.

제안된 안테나의 모의 실험한 복사패턴을 그림 9에 나타내었다. 모의실험한 안테나의 임피던스 대역폭의 최저 주파수인 5.2 GHz와 최고 주파수인 9.63 GHz 및 삽입손실이 최소인 7.36 GHz에서 각각 모의 실험한 복사패턴을 나타내었다. 제안된 안테나의 E 평면 복사패턴(y-z 평면)과 H 평면 복사패턴(x-z 평면)은 대칭구조로서 전후방으로 방사되며,



E-plan : y-z plan, H plan : x-z plan
 그림 9. 제안된 안테나의 복사패턴
 Fig. 9. Radiation patterns of the proposed antenna.

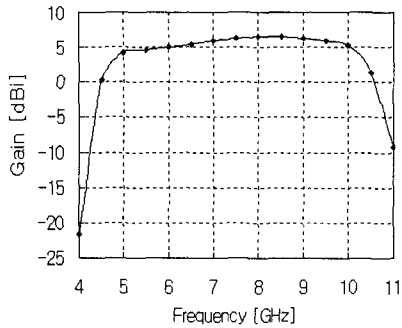


그림 10. 제안된 안테나의 모의실험한 이득
Fig. 10. Simulated gain of the proposed antenna.

각각 안테나 면과 수직한 방향에서 최대가 된다. 모의 실험한 E 평면복사 패턴의 3 dB 빔폭은 약 120° 이며, 안테나 이득은 7.36 GHz에서 약 6 dBi 값을 가졌다.

한편 그림 9로부터 5.2 GHz~9.63 GHz 주파수에 걸쳐 E 면 복사패턴은 거의 동일한 형태를 나타내고 있으며, H 면의 경우 주파수가 높아지면서 안테나 면으로부터 약 30° 방향으로 부엽(side lobe)가 형성되는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 부엽은 대역내의 전 주파수에 걸쳐 안테나 면과 수직한 주빔보다는 크기가 작기 때문에 안테나 대역폭 결정에는 문제가 없다고 사료된다. 또한 주파수에 따른 안테나의 이득을 그림 10에 나타내었다. 그림 10에서 5 GHz~10 GHz 주파수에 걸쳐 안테나 이득이 대략 5 dB 이상의 비교적 일정한 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 그러므로 본 논문에서 제안하는 안테나는 임피던스 및 복사패턴과 이득 측면에서 모든 특성이 광대역 특성을 갖고 있다고 말할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 새로운 형태의 CPW 급전 구조의 광대역 슬롯안테나를 구현하였다. 제안된 안테나는 새로운 광대역 급전구조를 사용함으로써 넓은 대역에 걸쳐 임피던스 정합을 이루어 낼 수 있어 주파수 대역폭이 약 60 %로 4.2 GHz (5.2~9.4 GHz)에 달하여 기존의 안테나보다 확장되었다. 향후 UWB 통

신의 발전과 더불어 UWB용 초광대역 안테나의 수요가 증가할 것으로 예상된다. 따라서 중심 주파수의 20 % 이상으로 500 MHz 이상의 점유대역폭을 차지하는 무선 전송 기술인 UWB 통신용으로 사용에 충분히 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] T. W. Barret, "History of Ultra Wideband Communications and Radar: Part I, UWB Communications", *Microwave Journal Technical Features*, Jan. 2001.
- [2] E. Vourch, M. Drissi and J. Citerne, "Slotline dipole fed by a coplanar waveguide", *1994 IEEE Int. Antennas Propagat. Symp. Dig.*, vol. 32, pp. 2200-2211, Jun. 1994.
- [3] E. A. Soliman, S. Brebels, P. Delmotte, G. A. E. Vandebosch and E. Beyne, "Bow-tie slot antenna fed by CPW", *Electron. Lett.*, vol. 35, no. 7, 1999.
- [4] 서영훈, 박익모, "광대역 특성을 갖는 변형된 원형링 마이크로스트립 슬롯안테나", 한국전자파학회논문지, 11(5), pp. 773-781, 2000년 8월.
- [5] H. S. Tsai, R. A. York, "FDTD analysis of CPW-fed folded-slot and multiple-slot antennas on thin substrates", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 44, pp. 217-226, Feb. 1996.
- [6] A. U. Bhoje, C. L. Holloway and M. Picket-May, "CPW fed wide-band hybrid slot antenna", *2000 IEEE Int. Antennas Propagat. Symp. Dig.*, vol. 38, pp. 636-639, Jul. 2000.
- [7] E. A. Soliman, S. Brebels, E. Beyne and G. Vandebosch, "Brick-wall antenna fed by CPW", *1998 IEEE Int. Antennas Propagat. Symp. Dig.*, vol. 36, pp. 912-915, Jun. 1998.
- [8] X. Ding, A. F. Jacob, "Novel broadband slot antenna with low cross-polarization", *Institut fur Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig, Annual report*, 1995.

김 기 수



2001년 8월: 한국해양대학교 전자
통신공학과 (공학사)
2001년 9월~현재: 한국해양대학교
전자통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나, RF MEMS

박 동 국



1987년 2월: 부산대학교 전자공학
과 (공학사)
1989년 2월: 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 (공학석사)
1994년 8월: 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 (공학박사)
1994년 8월~1996년 3월: LG전자
선임연구원
1996년 4월~현재: 한국해양대학교 부교수
2000년 1월~2001년 1월: 미국 UCLA 전기공학과 방문교
수
[주 관심분야] 안테나, RF MEMS, 이동통신 부품