

## 개구-정합 형태를 갖는 UWB용 슬롯 안테나의 설계

문 병 인 · 김 호 용 · 이 흥 민

경기대학교 전자공학과

경기도 수원시 영통구 의의동 산 94-6 경기대학교 (우)443-760

전화 : (031)246-8746 FAX:(031)249-9796

### Design of Aperture-Matched type Slot Antenna for Ultra Wide-Band

Byung-in Mun , Ho-yong Kim , Hong-min Lee

Department of Electronics Engineering Kyonggi University

San 94-6, Yui-Dong, Paldal-Gu, Suwon-Si Kyonggi-do, Korea

E-mail : [crusaid15@nate.com](mailto:crusaid15@nate.com)

#### Abstract

In this paper describes novel UWB antenna using aperture matched type slot structure. It substitutes edge diffractions by curved-surface diffractions which have a tendency to provide an undisturbed energy flow across the junction, around the curved surface, and into free-space. The proposed antenna is composed of a CPW feed structure ,exponential tapered slot and the curved sectional at the edge. experimental results show that aperture matched type slot improve the performance of the UWB antenna.

key words : curved-surfaces, exponential tapered, slot antenna, UWB, CPW

#### I. 서 론

매우 넓은 대역폭을 사용하는 UWB 시스템은 기존의 유선장치를 무선장치로 대체할 수 있는 유일한 고속 무선 전송기술로서 가정 내 멀티미디어 데이터 전송을 위한 근거리 무선 홈 네트워크 기술로 부각되고 있다. UWB시스템은 PDP TV 및 액정 TV, 디지털 카메라, 카메라 일체형 VTR, DVD 플레이어/레코더 및 HDD 레코더, 컴퓨터 및 주변기기라고 하는 디지털 가전기기들을 연결하는 초고속 인터페이스로 그 활용을 계획하고 있다. 결국 UWB가 단순한 통신기술에서 디지털 가전 기기들을 초고속으로 무선화 하는 표준 인터페이스로 변해가고 있는 것이다.

그 중에서도 안테나의 개발이 문제이다. 넓은 대역에서 일정한 이득을 얻는 안테나를 소형/저비용으로 실현하는 것이 필요하게 되는데 이것이 간단하지 않기 때문이다. UWB용 안테나는 광대역 특성을 갖어야 한다.

상용 제품이라면 외형 크기도 작아야 하고 FR-4와 같은 범용 프린터 회로 기판 재료로 만들 수 있어야 하기 때문에 매우 조건이 엄격하다. 무선 이동통신은 휴대성을 최대한 보장하기 위하여 경량화, 소형화에 초점을 맞추어야 하므로 그동안 UWB 안테나 형태는 마이크로 스트립 패치 안테나에 관심이 쏠리게 되었다. 그러나 일반적인 마이크로 스트립 패치 안테나는 좁은 대역폭을 갖는다는 단점이 있다. 이러한 협대역 특성으로는 광대역 통신에 적합하지 않기 때문에 광대역 특성을 위한 슬롯안테나와 CPW 급전 구조 방식의 연구를 진행하게 되었다. CPW 급전 구조는 마이크로 스트립 선로에 비해 분산이 적고, 광대역 특성을 얻을 수 있으며, 접지 면과 동일면에 급전구조를 구현함으로써 급전 손실을 줄일 수 있다. 또한 Via-hole을 사용하지 않고 수동소자나 능동소자의 직·병렬 부착이 용이하여 회로를 소형화 할 수 있다. 본 논문에서는 위에서 언급한 CPW급전 특성을 이용하여 exponential 슬

롯에 개구 정합 혼 형태의 슬롯을 추가함으로써 안테나의 효율 및 패턴특성을 개선할 수 있는 구조를 제안하고자 하였으며 UWB 주파수 대역내의 IEEE 802.11a 대역(5.15GHz~5.825GHz)은 안테나의 방사가 이루어지지 않도록 안테나 구조를 설계하였다.

II. 안테나 설계 및 분석

본 논문에서 제안된 안테나는 CPW 급전구조와 exponential 테이퍼 형태의 슬롯에 개구 정합 혼 형태의 슬롯 부설의 추가로 인하여 대역폭의 확장을 이루었다. 제안하는 안테나에서 CPW 급전구조는 안테나로 향하는 급전구조 자체의 불필요 방사를 제거할 수 있으며 전송 선로와 그라운드가 평면상에 존재하여 완전한 TEM모드를 구현할 수 있어 고주파에서 양호한 전송특성을 가진다. 또한, CPW 구조는 뒷면에 그라운드를 제거하여 급전선으로부터의 전자장이 직접 안테나에 영향을 주어 복사 소자로의 전달 특성이 다른 급전구조에 비해 우수하다. CPW급전에 의해 여기된 신호는 exponential 슬롯을 통해 공진모드를 형성하게 되며 슬롯에 의해 기본 공진모드의 고차모드(high order mode)를 발생시켜 광대역을 구현하였다. 안테나의 슬롯은 테이퍼의 함수적 차이에 의해 안테나의 성능에 큰 영향을 주는 요인으로 작용한다. 제안된 개구 정합 슬롯에 의하여 개구면 에 의해 발생하는 산란파를 제거하고 혼 모드와 자유공간모드를 정합시키는 작용을 하여 기존의 안테나의 성능(패턴, 임피던스 및 주파수 특성 등)을 향상시키고 있다. 제안된 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다.

제안된 exponential 함수를 갖는 개구 정합 슬롯 안테나는 CPW 급전부의 임피던스에 의해 임피던스가 결정되는데 CPW 급전에서의 특성 임피던스는 약 50 Ω이며 급전부로 돌아가는 목 부분과 개구 부분이 곡면으로 이루어짐으로써 반사가 크게 감소하므로 개구와 목 부분 반사가 안테나의 특성을 좌우하게 됨을 확인하였다. 안테나 제작에는 FR-4 ( $\epsilon_r=4.4, t=1.6mm$ ) 기판을 사용하였으며 UWB시스템의 주파수 대역인 3.1GHz~10.6GHz로 주파수 대역 내에 IEEE 802.11a의 무선 통신과의 상호 악영향을 최소화하기 위하여 안테나가 저지대역 특성을 갖도록 설계하였다. 저지대역 특성을 구현하기 위하여 IEEE 802.11a의 공진 주파수인 5GHz에서  $\lambda/2$ 의 길이와 동일한 원주를 갖는 크기로 상단 패치에 폭이 0.2mm인 원형의 슬롯을 부설하였다. 원형 슬롯의 부설은 광대역을 만족하는 슬롯 안테나의 공진성분과 원형 슬롯의 공진 성분 간의 상쇄로 인한 저지대역 특성을 나타내게 된다.[3][4]

기존의 exponential 함수만을 갖는 형태의 UWB 안테나에서는 가장자리의 개구면에서 급격한 변화로 인하여 부드럽지 못한 회절 현상이 나타날 것이다. 제안한 안테나의 경우 그림 1에 나타낸 바와 같이 개구 정합 효과를 갖도록 안테나 개구면에 곡면을 추가함으로써 개구면 가장 자리에서 발생하는 회절파를 없애고 자유공간과 원활하게 정합시킬 수가 있다. 개구와 급전부에서 반사를 줄임으로서 밴드 폭과 부엽을 줄이고 양호한 방사 패턴을 형성할 수 있다.[5]

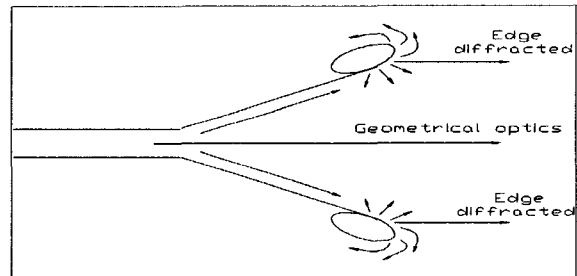


그림 2. 개구 정합의 방사 과정

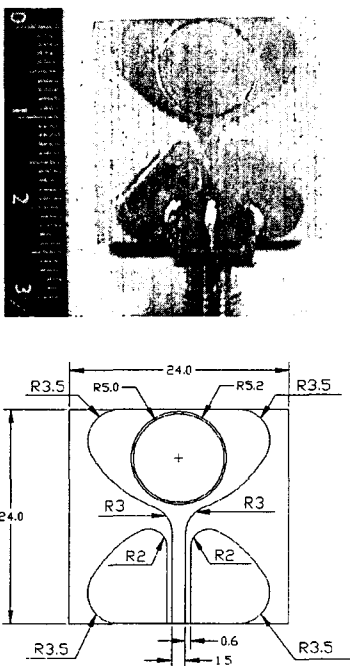


그림 1. 제안된 안테나의 구조 (단위 : mm)

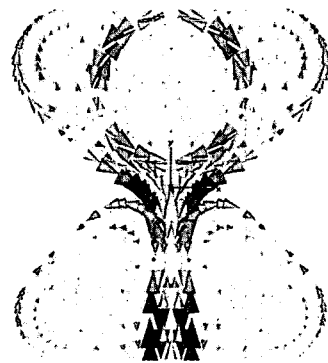


그림 3. 제안된 안테나의 표면 전류 분포도(f=10GHz)

그림 2에서는 제안하는 개구 정합 안테나의 방사 과정을 보이고 있다. 가장자리 곡선 부분에서 회절이 완전하게 제거되지는 못하고 있다. 그러나 가장자리 회절이 곡면에 의한 회절로 대체되므로서 접합부 주위와 곡면 부근은 물론 자유공간에 까지 원만한 에너지의 흐름을 가질수 있다. 기존의 안테나와 비교하면 방사 과정에서 보다 부드러운 패턴을 가지며 후엽과 반사를 줄일 수 있다.[6][7] 그림 3에 주파수 10GHz에서 제안된 개구정합 안테나의 표면 전류 밀도 분포도를 나타내었다. 그림 2에서의 회절 특성과 같은 분포로 곡면에 의해 부드러운 에너지 흐름을 확인할 수가 있다.

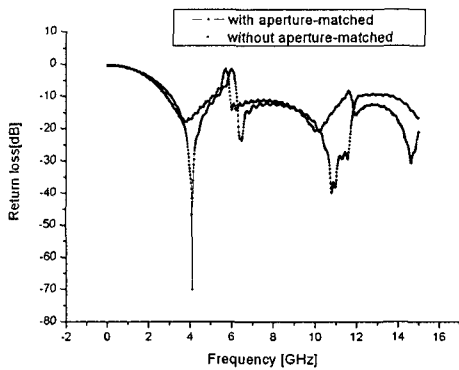


그림 4. 기존의 안테나와 제안된 안테나의 반사손실 비교

제안된 안테나에 가장자리 곡면의 유무에 따른 반사 손실 (Return Loss) 특성을 그림 4에 나타내었다. 추가적인 가장자리 곡면을 부설하지 않았을 경우 전체적으로 -20dB의 반사손실을 보이는 것에 반해 가장자리 곡면을 부설함으로써 반사손실이 4GHz에서 -70dB까지 떨어지는 것을 실험적으로 확인하였다. 또한 전체적인 반사손실도 눈에 띄게 좋은 특성을 보임을 확인할 수 있다. 주파수가 200Mhz정도 상향되었지만 3.1GHz~10.6GHz의 UWB시스템의 전 주파수대역을 만족하고 IEEE 802.11a (5.15GHz~5.85GHz이상)의 저지대역을 만족하고 있음을 확인하였다.

표 1. 개구 정합 유무에 따른 특성 비교

안테나 특성 종류	안테나 특성	임피던스 대역폭(GHz) (-10dB기준)	방사효율 (%)	이득(dBi) (3GHz~10 GHz)
without aperture-matched		2.8~11.4	90~95	1.2~2.69
with aperture-matched		3.0~12.1	90~99	0.9~3.48

표 1에 개구 정합 구조의 유무에 따라서 안테나의 방사효율과 이득 특성의 비교를 한 결과를 나타내었다. 기존의 안테나에서는 효율이 90%~95%인데 반해 제안된 안테나에는 90%~99%의 효율을 보이고 있다. 이득 또한 10GHz기준으로 2.6dBi에서 제안하는 개구 정합 안테나는 약 3.4dBi이상의 이득을 보임으로써 기존의 안테나 보다 우수한 특성을 나타내었다.

그림 5에 기존의 안테나와 제안된 안테나의 방사패턴을 나타내었다. 방사 패턴은 안테나의 반사 손실 특성이 양호한 3.8GHz와 10GHz의 공진점 에서 나타내었다. 3.8GHz의 기본공진 모드에서 Y-Z평면은 방향성을 가진 양방향성 패턴을 보이고 있고, 기존의 안테나에서 보이던 2차 공진 모드가 발생하는 10GHz에서 null 점이 형성되어 있는 것과는 달리 개구부분의 곡면과 목 부분의 부드러운 곡면으로 인하여 부엽을 줄임으로써 완전하지는 못하지만 완전한 패턴 형성을 하는 것을 확인할 수 있다.

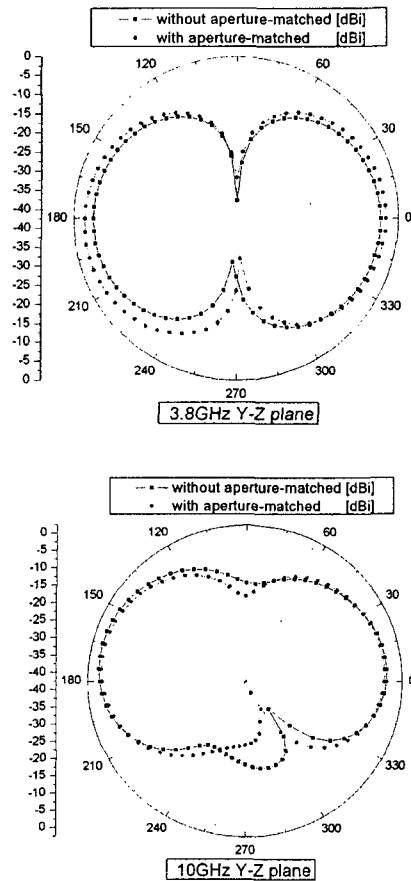


그림 5. 기존의 안테나와 제안하는 안테나의 방사패턴 비교

그림 6에 주파수 1GHz~15GHz 범위에 걸쳐서 제작된 안테나의 측정된 반사손실 특성을 나타내었다. 이 측정 결과를 그림 3에서 시뮬레이션 된 특성과 비교하였을 때 제안된 안테나의 반사손

실 특성이 시뮬레이션과 근사함을 확인하였다.

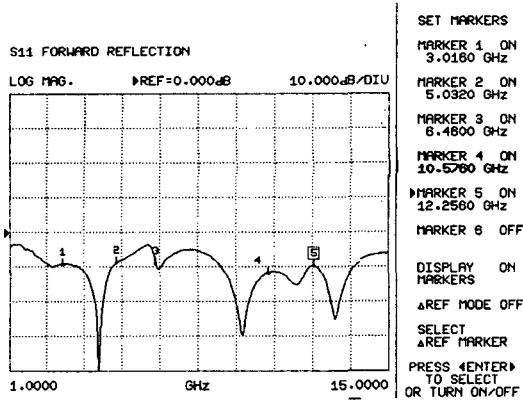


그림 6. 제안된 안테나의 반사손실 측정치

### III. 결 론

본 논문에서는 CPW 급전 구조와 exponential 함수를 갖는 슬롯에 개구와 목 부분에서 곡면을 추가하여 다중 모드를 발생시키고 자유공간과의 정합을 부드럽게 하여 반사를 줄이고 이득을 높이는 개구 정합 슬롯 안테나를 제안하였다. 방사패턴은 기존의 안테나에서 보였던 x축의 비대칭으로 인하여 패턴에 약간의 일그러짐을 보였던 것을 개구와 목 부분의 곡면으로 인하여 전 대역에서 양방향으로 거의 동일한 패턴을 관찰하였다. 제안된 안테나의 이득은 임피던스 대역을 만족하는 모든 구간에서 1dBi~3.5dBi 이상으로 광대역에서의 일정한 이득을 확인하여 기존의 안테나보다 우월한 안테나 특성을 확인할 수 있었다. 그러므로 제안된 개구 정합 안테나는 광대역 UWB 안테나에 적용이 가능할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] C. W. Chuang and W. D. Burnside, "A diffraction coefficient for a cylindrically truncated planar surface," IEEE Trans. Antennas Propag., vol.AP-28, no 2, Mar 1980.
- [2] W. D. Burnside and C. W. Chung, "An aperture-matched horn design," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-30, no. 4, July 1982
- [3] kyungsub-shin, Hong-min Lee "Design of a Wideband Antenna with CPW-Fed" 2004 ISAP (SENDAI JAPAN)
- [4] Chung-Ho Won, kyungsub-shin, Hong-min Lee "Design of Exponential Tapered Slot Antenna With Band-Stop Characteristic for UWB Application"

Proceeding of ISAP'05 seoul KOREA

- [5] DAVID J. HEEDY, WALTER D. BURNSIDE, "An Aperture-Matched Compact Range Feed Horn Design" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNA AND PROPAGATION, VOL. AP-33, NO. 11, NOVEMBER 1985
- [6] J. H. Richmond, "An integral-equation solution for TE radiation and scattering from conducting cylinders," Ohio State Univ. ElectroSciLab., Dept. Elec. Eng. Rep. 2902-7, Oct. 1972; prepared under Grant NGL 36-008-138 for NASA Langley Res. Center.
- [7] V. H. Rumsey, "Reaction concept in electromagnetic theory," Phys-Rev., vol. 94, pp. 1483-1491, June 15, 1954