

UWB 통신을 위한 테이퍼드 슬롯 안테나 설계

(Design of Tapered Slot Antenna for UWB Communications)

김선웅*, 최동유**

(Sun-Woong Kim, Dong-You Choi)

요약

본 논문에서는 UWB 통신 시스템의 테이퍼드 슬롯 안테나를 제안하였다. 테이퍼드 슬롯 안테나는 넓은 대역폭 특성과 진행파 안테나의 지향성 방사를 갖는다. 제안된 테이퍼드 슬롯 안테나는 Ansys사의 HFSS를 사용하여 설계하였으며, 반사손실 및 정재파비, 방사패턴 등을 분석하였다. 안테나의 동작 대역은 2.7 ~ 4.8 GHz 대역에서 -10 dB S11 및 $VSWR \leq 2$ (2.1 GHz)를 만족하였다. 안테나의 방사패턴은 E-평면(YZ plane)과 H-평면(XZ plane)에서 특정한 방향으로 신호를 전송하는 지향성 방사패턴을 보였으며, 이득은 4.5 GHz 대역에서 7.3 dBi의 높은 이득을 보였다. 따라서 제안된 테이퍼드 슬롯 안테나는 넓은 대역폭 특성과 위치인식에 적합한 지향성의 특성을 보인다.

- 중심어 : UWB, 테이퍼드 슬롯 안테나, 지향성 방사패턴

Abstract

In this paper, we have proposed a tapered slot antenna for UWB communication system. The tapered slot antenna has directional radiation and broad bandwidth. Proposed tapered slot antenna is designed using Ansys Inc. HFSS and its VSWR, return loss, and radiation pattern is analyzed. Operating band of the antenna were satisfied -10 dB S11 and $VSWR \leq 2$ in 2.7 ~ 4.8 GHz band. The radiation pattern of the antenna is showed in E-plane (YZ plane) and the H-plane (XZ plane) and the highest gain of 7.3 dBi is seen at 4.5 GHz. Therefore, proposed tapered slot antenna has wide bandwidth characteristic and directional for location awareness.

- keywords : UWB, Tapered slot antenna, Directional radiation pattern

I. 서론

UWB (Ultra Wideband) 기술은 저 비용, 저 소비전력으로 실내 · 외에서 수십 cm급의 정밀한 위치 인식 · 추적 기능을 가능하게 함으로써 기존의 카메라 기반의 실내 감지 시스템을 보완할 수 있는 기술로 기대되고 있다[1].

국내 UWB 대역의 주파수 분배는 3.1 ~ 4.8 GHz(low band), 7.2 ~ 10.2 GHz(high band)이며, 응용 기술로는 단거리 통신(short range communication), 거리 측정(m

asurement system), 차량 레이더(vehicular radar system) 및 이미징 시스템(imaging system) 등으로 분류할 수 있다[2-5].

UWB 시스템의 주파수 대역은 광대역이므로 광대역 특성을 갖는 안테나를 설계해야 한다. 광대역 특성은 일반적으로 안테나의 빔폭이나 이득에 의해서 정의될 수 있지만 안테나의 동작 특성 면에서 본다면 주파수 대역에 의해서 정의될 수 있다[6]. 따라서, UWB 안테나는 광대역 특성뿐만 아니라 주파수에 따라 일정한 이득과 일정한 이득 변화율을 통해서 신호의 왜곡을 줄여야

* 학생회원, 조선대학교 대학원 정보통신공학과

** 정회원, 조선대학교 정보통신공학과

본 논문의 일부는 2015년 한국 스마트미디어학회 2015 추계학술대회에서 발표되었으며, 발표 논문 중 우수논문으로 선정되어 게재하게 되었음

한다[7]. 또한, UWB 안테나는 넓은 복사패턴이 요구된다. 안테나의 입력 단에서 반사손실이 -10 dB 이하가 되도록 임피던스 정합이 필요하다

본 논문에서는 사물 위치인식에 적합한 테이퍼드 슬롯 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 타 대역과의 혼선을 피하기 위하여 저 대역 구간의 3.1 ~ 4.8 GHz 대역을 선택하였으며, 위치 인식에 적합한 높은 이득과 지향성 특성을 만족하였다[8].

테이퍼드 슬롯 안테나는 무한한 대역폭 특성을 갖는다. 하지만 테이퍼드 슬롯 안테나의 구조 설계를 통하여 제한된 대역폭을 유도할 수 있다.

제안된 안테나는 저 주파수 대역을 갖는 테이퍼드 슬롯 안테나를 제안하였으며, 지향성 방사 패턴을 보인다.

안테나 설계는 Ansys사의 HFSS (High Frequency Structure Simulation)를 통하여 설계 및 시뮬레이션 되었으며, 반사손실 및 정재파비, 방사패턴 등을 분석하였다. 이를 위해 제 2 장에서는 테이퍼드 슬롯 안테나를 제안하였으며, 제 3 장에서는 시뮬레이션 분석하였다. 제 4 장에서는 결론을 맺는다.

II. 안테나 설계

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나는 유전율 2.2, 손실 탄젠트 0.0009, 두께 1.52 mm를 갖는 Taconic TLY 기판으로 설계되었으며, Ansys사의 HFSS를 사용하여 설계 및 분석하였다. 테이퍼드 슬롯 안테나의 슬롯은 선형적으로 점점 가늘어지며, 안테나 구조는 그림 1과 같다[8].

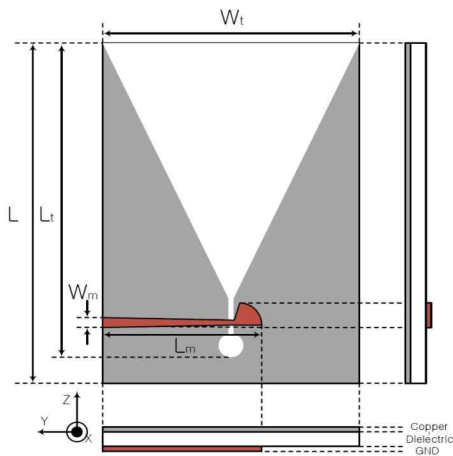


그림 1. 제안된 안테나의 구조

테이퍼드 슬롯 안테나의 개구면 크기는 동작 주파수

의 최소 주파수에 의해 결정이 되며, 파장이 주파수에 반비례하므로 최소 주파수의 안테나는 가장 긴 파장의 신호를 전송할 수 있어야 한다. 유전체 기판에서 가장 긴 파장의 신호를 전송하기 위해서는 식 (1)을 만족해야 한다.

$$W_t = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{c}{2f_{\min} \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

식 (1)에서 테이퍼드 슬롯 안테나는 저 주파수에서 공진 안테나로 동작하며, 물리적 크기는 가장 낮은 동작 주파수 f_{\min} 과 안테나 제작에 사용되는 ϵ_r 에 의해 결정된다. 따라서 식 (1)을 이용하여 원하는 대역폭에서 동작시키기 위한 테이퍼드 슬롯 안테나의 전체 크기를 구할 수 있다[9-11].

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나는 설계 이론을 기반으로 반복 수정을 통해 설계되었으며, 설계 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터 [mm]

L	L _t	W _t	L _m	W _m
144	135	80	54.6	4

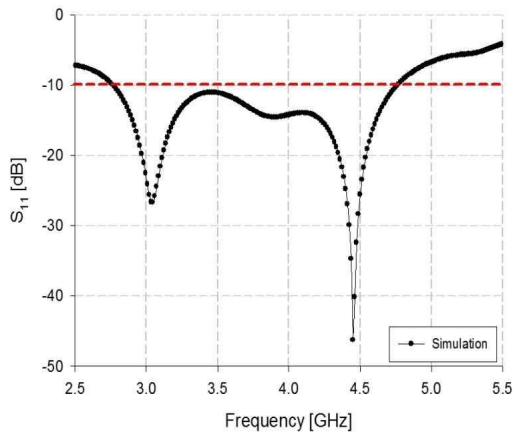
L은 테이퍼드 슬롯 안테나의 길이이며, L_t와 W_t는 테이퍼드 슬롯의 길이 및 폭이다. L_m과 W_m은 임피던스 변환기의 길이와 폭이다.

III. 안테나 분석

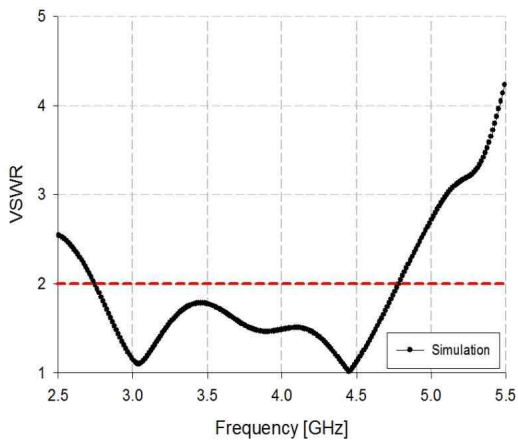
단일 산란계수 S₁₁과 반사계수 Γ 는 단일포트 회로의 안테나 성능에서 소스와 안테나 사이에 생기는 임피던스 부정합으로 인한 반사의 신호양을 의미한다.

최적의 안테나 임피던스 대역폭은 -10 dB S₁₁ 및 VSWR ≤ 2로 정의한다. 이는 입력전력이 약 11%가 반사되는 것을 의미한다[12-14].

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나는 S-parameter 및 정재파비(VSWR: Voltage Standing Wave Ratio) 시뮬레이션 분석을 통하여 임피던스 대역폭을 분석하였으며, 그림 2와 같다.



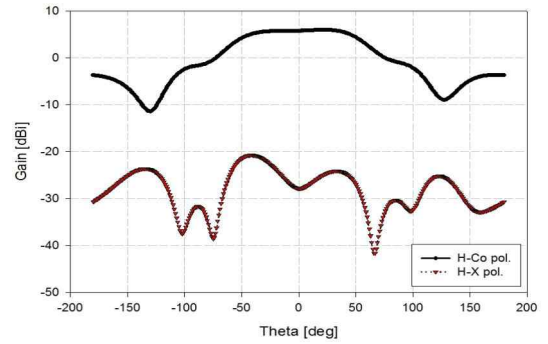
(a) S11



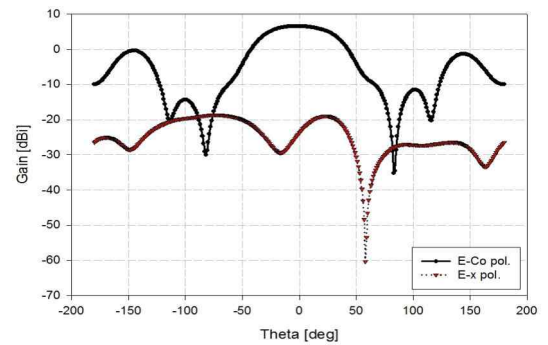
(b) VSWR

그림 2. 제안된 안테나의 임피던스 시뮬레이션 분석

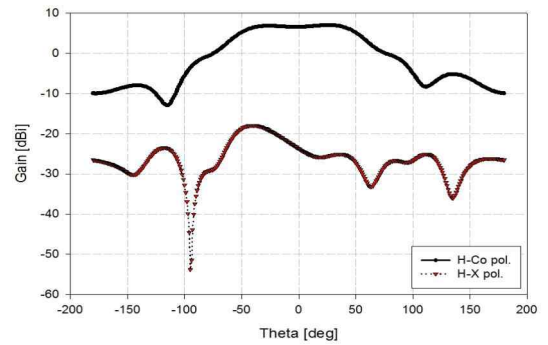
그림 2의 결과, 제안된 테이퍼드 슬롯 안테나의 임피던스 대역폭은 -10 dB S11 및 $VSWR \leq 2$ 를 만족하여 2.7 ~ 4.8 GHz 대역에서 2.1 GHz의 대역폭을 보였다



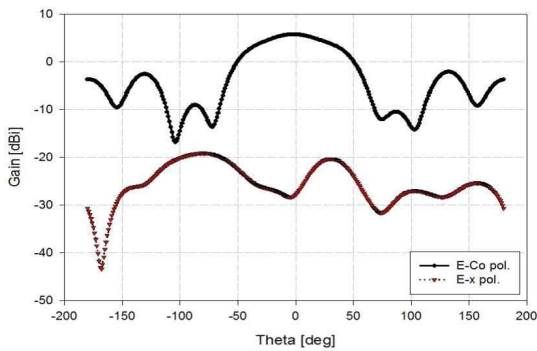
(b) 3 GHz (H-plane)



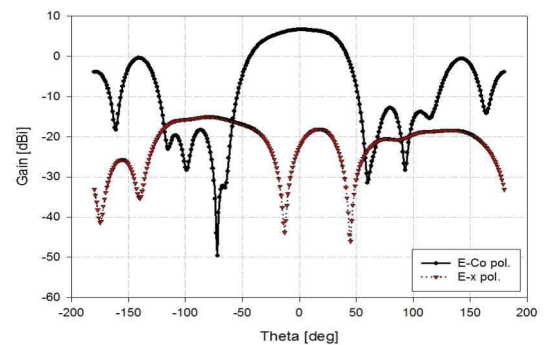
(c) 3.5 GHz (E-plane)



(d) 3.5 GHz (H-plane)



(a) 3 GHz (E-plane)



(e) 4 GHz (E-plane)

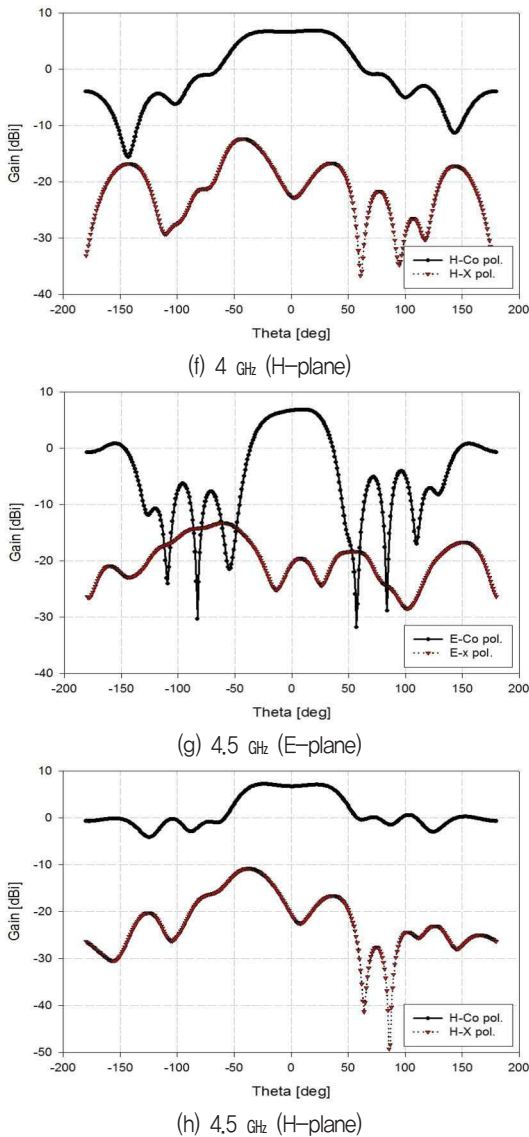


그림 3. 제안된 안테나의 방사패턴 분석

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나의 E-평면(YZ-plane)과 H-평면(XZ-plane)에서 동일 편파(co polarization) 및 교차편파(cross polarization) 시뮬레이션 분석을 하였으며, 그림 3과 같다.

그림 3의 결과, 제안된 테이퍼드 슬롯 안테나의 임피던스 대역폭 내에서 동일편파는 지향성의 방사패턴을 보였다. 또한 각각의 대역에서 E-평면과 H-평면의 반전력 빔폭(HPBW: Half Power Beam Width)은 3 GHz 대역에서 75°, 116°, 3.5 GHz 대역에서 65°, 115°, 4 GHz 대역에서 65°, 100°, 4.5 GHz 대역에서 55°, 95° 이다.

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나의 이득을 분석하였으

며, 그림 4와 같다.

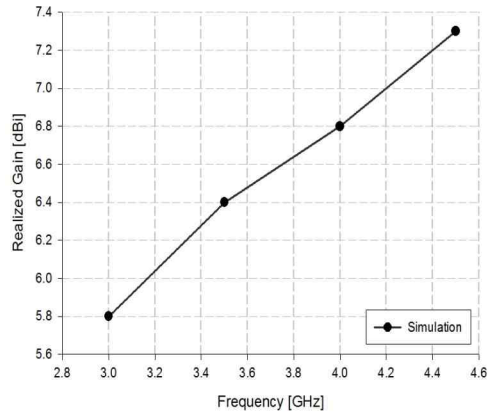


그림 4의 결과, 각각의 대역에서 테이퍼드 슬롯 안테나의 이득은 3 GHz 대역에서 5.8 dBi, 3.5 GHz 대역에서 6.4 dBi, 4 GHz 대역에서 6.8 dBi, 4.5 GHz 대역에서 7.3 dBi의 이득을 보인다.

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나의 종합 분석하였으며, 표 2와 같다.

표 2. 제안된 안테나의 종합 분석 결과[8]

분석 항목		분석 결과	
임피던스 대역폭		-10 dB S11 & VSWR ≤ 2	2.7 ~ 4.8 GHz
안테나 이득	3 GHz	5.8 dBi	
	3.5 GHz	6.4 dBi	
	4 GHz	6.8 dBi	
	4.5 GHz	7.3 dBi	
반전력 빔폭	3 GHz	E-평면	75°
		H-평면	116°
	3.5 GHz	E-평면	65°
		H-평면	115°
	4 GHz	E-평면	65°
		H-평면	100°
	4.5 GHz	E-평면	55°
		H-평면	95°

표 2의 결과, 제안된 테이퍼드 슬롯 안테나는 2.7 ~ 4.8 GHz의 임피던스 대역폭을 보여 UWB 통신 시스템의 저대역 구간을 만족하였다. 또한 지향성 방사패턴, 높은 이득 및 적절한 반전력 빔폭으로 위치인식 시스템에 적

합한 특성을 만족하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 UWB 통신 시스템의 테이퍼드 슬롯 안테나를 제안하였으며, 제안된 안테나는 위치 인식에 적합한 지향성의 특성을 만족하였다.

제안된 테이퍼드 슬롯 안테나의 임피던스 대역폭은 -10 dB S11 및 $VSWR \leq 2$ 를 만족하여 2.7 ~ 4.8 GHz의 대역에서 2.1 GHz의 대역폭을 보였다. 안테나의 방사패턴 분석은 E-평면과 H-평면에서 동일 편파 및 교차 편파 시뮬레이션 분석을 하였으며, 임피던스 대역폭 내에서 동일편파는 지향성의 방사패턴을 만족하였다. 안테나의 이득은 4.5 GHz 대역에서 7.3 dBi의 이득을 보였으며, 적절한 반전력 빔폭을 보인다.

참고 문헌

- [1] J. Igor Immoreev, "Ultra-wideband Systems. Features and Ways of Development," Ultra Wideband and Ultra Short Impulse Signals, Sevastopol, Ukraine, pp. 19-22, Sep., 2004.
- [2] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, Microstrip Antenna Design Handbook, Artech House, Norwood, MA, 2001.
- [3] X. Deng, Q. Wang, and G. Victor, "Structural Health Monitoring Using Active Sensors and Wavelet Transform," Proceeding of SPIE 1999, Smart Structures and Integrated systems, Newport Beach, vol. 3668, pp. 363-370. 1999.
- [4] J. D. McKinney, D. Peroulis, A. M. Weiner, "Time-domain measurement of the frequency-dependent delay of broadband antennas," *IEEE Trans. Antennas & Propagation*, vol. 56, no. 1, pp. 39-47, Jan. 2008.
- [5] 고영목, "시간영역신호 전송을 위한 빔 스캐닝 UWB 배열안테나 시스템 개발," 박사학위논문, 2013. 06.
- [6] Saman Jafarlou, Maher Bakri-Kassem, Mohammad Fakharzadeh, Zahra Sotoodeh, and Safieddin Safavi-Naeini, "A Wideband CPW-Fed Planar Dielectric Tapered Antenna With Parasitic Elements for 60-GHz Integrated Application," *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 62, no. 12, pp. 6010-6018, 2014.
- [7] Ya-Wei Wang, Guang-Ming Wang, and Bin-Feng Zong, "Directivity Improvement of Vivaldi Antenna Using Double-Slot Structure," *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, pp. 1380-1383, 2013.
- [8] 김선웅, 김근식, 최동유, "위치 인식에 적합한 테이퍼드 슬롯 안테나 분석," 스마트미디어학회 2015년도 추계학술대회, 2015, 10.
- [9] K, H. Lee, E. H. Kwak, and B. G. Kim, "Effect of substrate thickness, perforation position and size on the bandwidth and radiation characteristics of a proximity coupled perforated microstrip patch antenna," *J. KICS*, vol. 39A, no. 6, pp. 301-321, Jun., 2014.
- [10] K, Y. Kim, "Design of UWB beam scanning antenna systems based on time domain analysis," Ph.D. Dissertation, Electronic Engineering, Kwangwoon Univ., Dec., 2013.
- [11] 이주형, "고성능 UWB 안테나 설계에 관한 연구," 광운대학교 석사학위논문, 2010.
- [12] K. Chang, RF and Microwave Wireless System, N Y: WILEY, pp. 74-75, 2000.
- [13] Eu-Tteum Baek, Yo-Sung Ho, "Mutual Gaze Correction for Videoconferencing using View Morphing," *KISM Smart Media Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 9-15, Mar., 2015.
- [14] Jin-Soo Jang, Young-Chul kim, "Study on EMI Elimination and PLN Application in ELF Band for Remote Sensing with Electric Potentiometer," *KISM Smart Media Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 33-38, Apr., 2015.

저 자 소 개



김선웅 (학생회원)

2012년 조선대학교 정보통신공학과 학사 졸업

2014년 조선대학교 정보통신공학과 석사 졸업

2014년 ~ 현재 조선대학교 정보통신공학과 박사 재학 중

(주관심분야 : UWB Radar, 안테나 설계)



최동유 (정회원)

1999년 조선대학교 전자공학과 학사
졸업

2001년 조선대학교 전자공학과 석사
졸업

2004년 조선대학교 전자공학과 학과 박사 졸업

2007년 ~ 현재 조선대학교 정보통신공학과 부교수

〈주관심분야 : 통신 및 전파전파, 에너지 하베스팅, 전
파잡음, 마이크로파 강우감쇠〉