

초광대역 소형 사각 모노콘 안테나 설계

°최일호⁽¹⁾, 송효원⁽¹⁾, 안희순⁽¹⁾, 이효경⁽²⁾, 이성훈⁽³⁾, 박중권⁽⁴⁾

⁽¹⁾국립 한밭대학교 정보통신·컴퓨터 공학부

⁽²⁾국립 한밭대학교 정보통신 전문 대학원

⁽³⁾(주)파트론, ⁽⁴⁾국립 한밭대학교 전파공학과

ingpark@hanbat.ac.kr

A Compact Rectangular Mono-cone Antenna Design for UWB Applications

°Il-Ho Choi⁽¹⁾, Hyo-Won Song⁽¹⁾, Hee-Soon An⁽¹⁾, Hyo-Kyoung Lee⁽²⁾,
Seong-Hun Lee⁽³⁾ and Jong-Kweon Park⁽⁴⁾

⁽¹⁾School of Information Communication & Computer Engineering, Hanbat National University

⁽²⁾Graduate School of Information & Communications, Hanbat National University

⁽³⁾Partron Ltd. ⁽⁴⁾Department of Radio Wave Engineering, Hanbat National University

Abstract

In this paper, we have designed, fabricated and measured a compact rectangular mono-cone antenna for ultra-wideband applications. The proposed antenna covers the entire UWB band (3.1 GHz ~ 10.6 GHz). The measured bandwidth is 8.2 GHz from 2.8 GHz to 11 GHz for $|S_{11}| \leq -10 \text{ dB}$. From the measured results, the proposed antenna shows a good characteristics (linear phase, omni-directional pattern and very low gain variation) for UWB applications. Also, the measured results have a reasonable agreement with the simulated results.

Keyword : Mono-cone antenna, Ultra-wideband, phase linearity, group delay, omni-directional

I. 서 론

최근 ultra-wideband (이하 UWB) 무선통신 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 기존의 narrow band 시스템 및 3G 셀룰러 기술로 설명되는 wideband 시스템과 구분하기 위해 중심 주파수의 25% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 혹은 1.5 GHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선전송 기술 시스템을 말한다.

UWB의 통신 방식은 신호의 확산특성을 이용한 기술로써 시간축 상에서 주기가 매우 짧은 펄스를 송신하게 되면 그 신호는 주파수축 상에서 아주 넓게 펼쳐진다는 원리를 이용한 기술이다. 즉 매우 짧은 주기를 갖는 펄스열로 확산시켜 통신을 수행하는 방식이며, 펄스의 주기를 매우 짧게 함으로써 각 국가별로 전파 기준으로 삼고 있는 주파수당 송신 에너지 밀도를 낮출 수 있게 하여 별다른 규제 없이 UWB 기술을 사용할 수 있게 한다.

UWB 기술은 무선 데이터 전송을 하기위해 수 GHz대의 초 광대역을 사용할 수 있을 뿐만 아니라 기존 IEEE 802.11a 기술의 전송속도가 54 Mbps 에 불과한데 비해 500 Mbps ~ 1 Gbps 의 초고속 전송 속도를 자랑한다. 또한 빠른 전송속도에도 불구하고 전력 소모량은 휴대폰과 무선랜(WLAN) 제품이 필요로 하는 전력량의 100분의 1 수준밖에 안 된다는 장점을 갖고 있다. 이런 수많은 장점으로 인해 전세계적으로 UWB에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 특히 UWB 안테나는 기존의 안테나와는 달라 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다. 첫째, 이동성(mobility)을 보장하기 위해 안테나 크기가 작아야 한다. 둘째, UWB 안테나는 펄스 통신을 수행하기 때문에 그룹 딜레이를 확인해야 한다. 셋째, 안테나의 위치가 변화하더라도 모든 방향으로 송·수신이 가능한 무지향성(omni-directional)을 만족하고 이득 변화량이 작아야 한다. 이런 요구사항을 만족하는 평면형 구조의 UWB 안테나는 이미 다양하게 연구되었고^[1, 2, 3], 현재 외국에서는 입체형 구조에 대한 연구^[4, 5, 6]가 활발히 진행 중이나 국내에서는 입체형 구조에 대한 UWB 안테나 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 일반적인 평면형 구조가 아닌 입체형 구조를 가지면서 위에서 언급한 UWB 안테나 요구사항을 만족하는 초광대역 사각 모노콘(mono-cone) UWB 안테나를 설계·제작 및 측정하였다. 측정 결과 $|S_{11}| \leq -10 \text{ dB}$ 를 기준으로 2.8 GHz에서 11 GHz까지 UWB 전체 대역을 만족하였다. 특히 제안된 안테나는 가로·세로·높이가 각각 2cm의 초소형 구조물로써 안테나 소형화 경향에 적합한 안테나이다. 또한 방사패턴을 통해 제안된 안테나가 무지향성을 만족하고, 주파수에 따른 E-plane 과 H-plane 의 방사패턴이 변화가 거의 없음을 확인할 수 있었다.

II. 본 론

그림 1은 제안된 모노콘 UWB 안테나 구조를 나타낸 것이다. 제안된 안테나에 적용된 최적의 설계 변수들은 표 1을 참고하길 바란다.

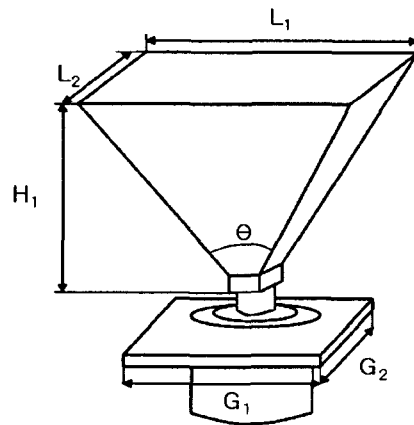


그림 1. 제안된 모노콘 UWB 안테나 구조
Fig 1. Geometry of the proposed mono-cone UWB antenna.

L_1	L_2	H_1	G_1	G_2	θ
20 mm	20 mm	20 mm	13 mm	13 mm	52°

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터
Table 1. Design parameters of the proposed antenna.

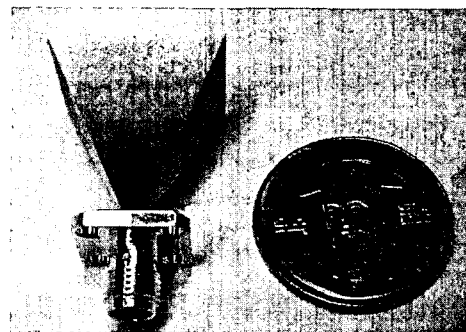


그림 2. 제작된 모노콘 안테나
Fig 2. Fabricated mono-cone antenna.

그림 3은 제안된 안테나의 반사손실에 대한 측정 결과이고, 그림 4는 VSWR을 측정한 결과이다. 안테나 측정은 전자통신연구원(ETRI)에서 Vector Network Analyzer (85107B, Agilent, 45 MHz ~ 50 GHz)를 사용하여 측정하였다. 제안된 안테나의 임피던스 대역폭은 $|S_{11}| \leq -10 \text{ dB}$ 에서 8.2 GHz(2.8 GHz ~ 11 GHz)이다.

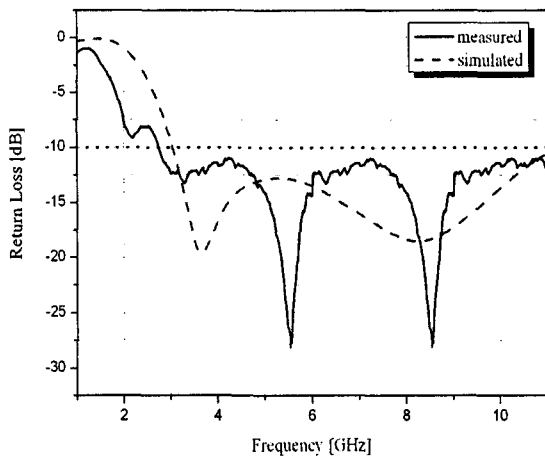


그림 3. 반사손실 측정 결과
Fig. 3. Measured return loss.

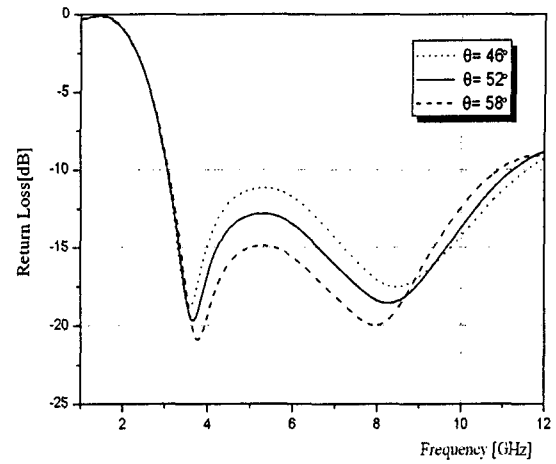


그림 5. θ 각도 변화에 따른 반사손실 시뮬레이션
Fig. 5. Simulated return loss for different θ .

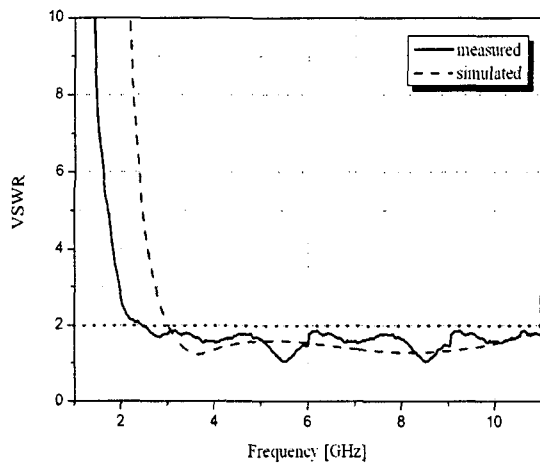


그림 4. VSWR 측정 결과
Fig. 4. Measured VSWR.

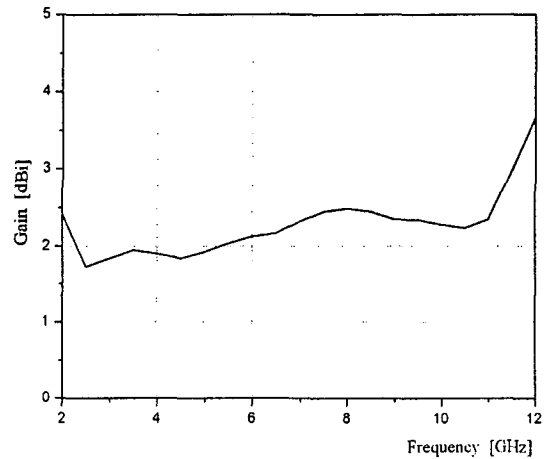


그림 6. 안테나 이득 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Simulated antenna gain.

그림 5는 θ 각도 변화에 따른 반사손실의 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 θ 각도를 58° 이상으로 한 경우 UWB 안테나가 요구하는 고주파(9.5 GHz 이상) 대역을 만족하지 못한다. 또한 θ 각도를 46° 이하로 한 경우 4 GHz ~ 6 GHz 사이의 대역이 $|S_{11}|$ 기준으로 -10 dB 이하로 떨어지지 못하는 문제가 발생한다. 따라서 UWB 전체 대역을 만족하는 θ 각도를 52° 로 최적 설계하였다.

그림 6은 제안된 안테나의 이득을 시뮬레이션 한 결과이다. 안테나 이득이 1.8 dBi에서 2.4 dBi로 변화하고, 이득 변화량은 0.6 dBi이다. 만일 이득 변화량이 크면 특정한 주파수에서 지향성이 생긴다. 이것은 안테나가 위치 변화에 따라 신호를 수신하지 못하는 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서 UWB 안테나의 이득 변화량은 작을수록 무지향 특성을 만족한다.

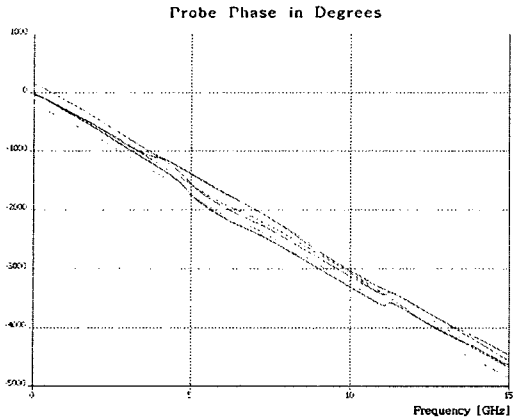


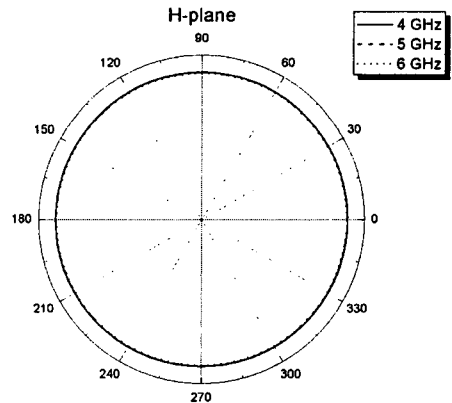
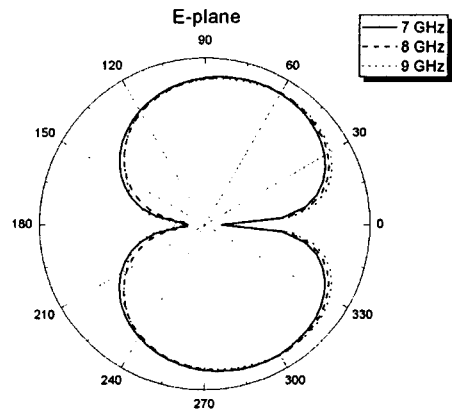
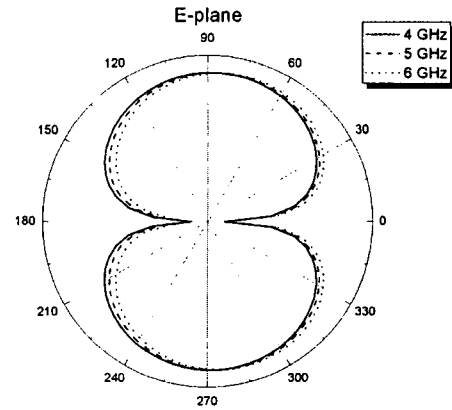
그림 7. Far-field 위상의 선형 특성 시뮬레이션
Fig. 7. Simulated phase linearity of far-field.

그림 7은 3 차원 전자기장 해석 틀에서 제공되는 probe 기능을 사용하여 far-field 위상을 시뮬레이션 한 결과이다. Probe를 안테나를 중심으로 양각(elevation angle)에서는 $0^\circ \sim 360^\circ$ 사이를 45° 간격으로 설치하고, 방위각(azimuthal angle)에서는 $0^\circ \sim 360^\circ$ 사이를 45° 간격으로 설치하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 한 결과를 미분하면 그룹 딜레이가 되기 때문에 그룹 딜레이 변화량이 1 ns 범위에서 선형적이라면 probe를 이용한 시뮬레이션 결과도 선형적이라고 예상할 수 있다. 따라서 그룹 딜레이 결과와 far-field에서 위상이 선형 특성을 만족함을 확인할 수 있었다. 그룹 딜레이의 편차가 커질수록, 펄스의 왜곡은 심해진다. 따라서 왜곡 정도를 위상의 선형 특성을 통해서 확인할 수 있었다. 위상 딜레이(phase delay : Γ_p)와 그룹 딜레이(group delay : Γ_g)는 아래와 같이 계산한다^[7].

$$\Gamma_p(f) = -\frac{\beta(f)}{2\pi f} \quad \Gamma_g = -\frac{\partial \beta(f)}{2\pi \partial f}$$

그림 8은 주파수에 따른 E-plane 과 H-plane 에 대한 방사패턴을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 4 GHz, 5 GHz, 6 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 9 GHz 에 대한 E-plane 과 H-plane 방사패턴의 변화가 거의 없음을 확인할 수 있었다. 이는 제안된 안테나가 이득 변화량이 0.6 dBi 로써 이득 변화량이

거의 없는 것을 통해 알 수 있다. 또한 제안된 안테나는 평면형 구조가 아닌 입체형 구조를 갖는 모노콘 안테나로써 UWB 안테나가 요구하는 모든 방향으로 송·수신이 가능한 무지향성을 만족한다.



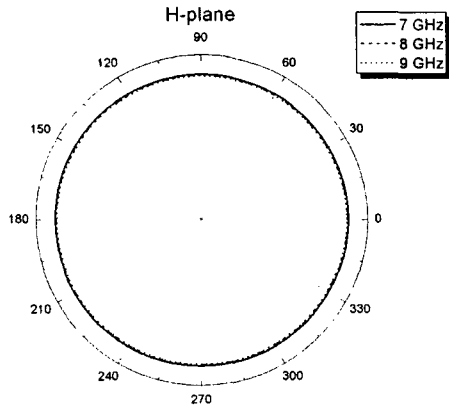


그림 8. 주파수에 따른 방사패턴 시뮬레이션 결과
 Fig. 8. Simulated radiation patterns as a function of the frequency.

III. 결 론

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에 사용될 수 있는 초광대역 사각 모노콘 UWB 안테나를 설계·제작 및 측정하였다. 측정 결과 $|S_{11}| \leq -10 \text{ dB}$ 를 기준으로 2.8 GHz에서 11 GHz까지 UWB 전체 대역을 만족하였다. 또한 제안된 안테나는 기존의 평면형 구조에서 탈피하여 입체형 구조로써 가로·세로·높이가 각각 약 2 cm의 초소형 안테나이다. 특히 이득 변화량이 0.6 dBi를 통해 E-plane 과 H-plane 에 대한 방사패턴이 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Seok H. Choi, Jong K. Park and Sun K. Kim, "A New Ultra Wide Band Antenna for UWB Applications", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 40, No. 5, pp. 399-401, March 5 2004.

[2] Seong H. Lee, Jong K. Park, Jung N. Lee "A Novel CPW-fed Ultra-wideband antenna design.", Microwave and Optical Technology

Letters, Vol. 44, No. 5, pp. 393-396, March 5 2005.

[3] Hyo K. Lee, Jong K. Park and Jung N. Lee "Design of a Planar Half-circle-shaped UWB Notch Antenna", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 47, No. 1, pp. 9-11, October 5 2005.

[4] Takuya Taniguchi and Takehiko Kobayashi, "An Omnidirectional and Low-VSWR Antenna for the FCC-Approved UWB Frequency Band." IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium Digest, Vol. 3, pp. 460-463, June 2003.

[5] Taeyoung Yang, Seong-Youp Suh, Randall Nealy, William A. Davis and Warren L. Stutzman, "Compact Antennas For UWB Applications", IEEE aerospace and electronic systems magazine, Vol. 19, No. 5, pp. 16-20, May 2004.

[6] Yung-Tao Liu and Kin-Lu Wong "Wideband Omnidirectional cylindrical metal-plate Monopole Antenna", 2005 International Symposium on Antennas and Propagation, pp. 1001-1004, August 2005.

[7] Wasim Q. Malik, Christopher J. Stevens and David J. Edwards, "Spatio-spectral normalisation for ultra-wideband antenna dispersion", High frequency Postgraduate Student Colloquium, pp. 87-92, 2004.

M E M O