

소형 UWB 안테나 설계 및 제작

°배진우*, 고지환*, 조영기**

* 금오공과대학교 전자공학부

** 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

e-mail : rukaa@daum.net, kojh@kumoh.ac.kr

Design and Fabrication of Small UWB Antenna

°Jin-Woo Bae*, Ji-Hwan Ko*, Young-Ki Cho**

*School of Electronic Eng., Kumoh National Institute of Technology

**School of Electronic Eng. and Computer Science, Kyungpook National University

Abstract

In this paper, We have designed, fabricated and measured a stacked planar antenna for Ultra-Wideband communication. Radiation parts of the antenna have exponential curve and fed by strip feeding network. We have used the HFSS of Ansoft to simulate the antenna. It was designed to work on a substrate Teflon of thickness 1.575mm and relative permittivity 3.2. The proposed antenna covered the entire UWB band(3.1GHz ~ 10.6GHz) for $S_{11} \leq 10\text{dB}$. Also the proposed antenna show a good characteristics, linear phase, omni-directional pattern for UWB applications. Besides the measured results have a reasonable agreement with the simulated results.

Key words : Ultra-Wideband, omni-directional, phase linearity, planar antenna, strip feeding network

I. 서론

UWB(Ultra Wide Band)통신은 일반적인 통신 방식에 사용되는 RF 반송파를 사용하지 않고 대신에 1nsec 이하의 폭이 좁은 펄스(pulse)를 이용하여 송수신이 이루어지는 통신 방식이다. UWB통신에 사용되는 이 펄스는 주파수영역에서 광대역에 걸쳐 기저대역 잡음과 같이 낮은 전력 스펙트럼으로 존재한다. 여기서 낮은 전력 스펙트럼은 기존에 사용하고 있는 타 통신 시스템과의 간섭을 줄일 수 있고 대역폭이 광대역 특성을 가지므로 정보전송량 관점에서 기존 통신 시스템에 비해 매우 유리한 특징을 가진다. [1][2][3]

UWB 통신 시스템은 매우 넓은 주파수 대역을 이용한다는 점에서 항공 전자 시스템 및 GPS(Global Positioning System)에 영향을 미칠 수 있으므로 2002년 2월 14일에 미 연방통신위원회는 주파수 대역을 3.1 GHz ~ 10.6GHz에 방사 전력을

-41.3 dBm/MHz으로 제한하였다.[4]

UWB 통신 시스템에서 핵심 기술요소 중에 하나인 안테나에 관한 연구도 국내외에서 활발히 진행되고 있다. UWB 안테나는 일반적인 협대역 안테나와 비교하여 몇 가지의 특징을 가진다. 첫째, 동작 주파수(3.1GHz ~ 10.6GHz) 영역 내에서 -10dB 이하의 반사손실(Return Loss)이 유지되어야 한다. 둘째, 펄스를 이용한 통신 방식이므로 송수신시 펄스의 왜곡을 줄이기 위해 동작 주파수 범위에서 위상이 선형적이어야 한다. 셋째, 적은 송신 전력을 사용하기 때문에 안테나의 방사효율이 높아야 한다. 넷째, 안테나의 위치가 변하여도 전 방향에서 수신이 가능해야 하는 전방향성(omni-directional) 방사 패턴과 주파수에 따른 이득변화가 적어야 한다. 마지막으로 단말기에 실장이 용이하기 위하여 가능한 소형화가 필수적이며 제작이 용이하고 저렴하여야 한다.[5]

본 논문에서는 위에서 언급한 요구조건을 만족하

는 소형 UWB 안테나 구조를 제안하고자 한다. 안테나 구조는 나비넥타이(Bow-tie) 구조의 변형 형태이며 두 장의 기판에 패턴을 인쇄하여 접합하고 부품 소자처럼 기판에 부착하여 사용할 수 있게 설계되었다. 안테나 설계는 FEM 알고리즘에 기반을 둔 상용 시뮬레이터(HFSS)를 이용하여 최적화하였다. 안테나 설계를 검증하기 위해 안테나를 제작, 측정하였고, 설계 결과와 비교, 분석 하였다.

II. 안테나 설계

본 논문에서 제안한 안테나는 그림 1에서 보는 바와 같이 접지판 위에 수직으로 세워져 있으며, 급전은 프로브 급전 방식이고 방사부는 그림 1(b)에서 보는 바와 같이 두 장의 기판에 에칭하여 접합한 것이다. 그림 1(b)의 방사부인 위쪽 곡선 A는 지수형($z = \beta_1(e^{\alpha_1 x} - 1)$)으로 변하고, 아래쪽 곡선 B도 지수형($z = -\beta_2(e^{\alpha_2 x} - 1)$)으로 변하게 설계하였다. 안테나 설계에 사용된 기판은 유전율이 3.2이고, 두께가 1.575mm 인 Teflon 기판을 사용하였다. 제안한 안테나는 앞서 언급한 요구조건을 만족하면서 소형화에 주목적을 두고 설계 파라메타를 최적화 한 결과, 안테나의 크기인 폭(W)은 15mm, 안테나의 높이(L)는 17mm로 되었으며 나머지 파라메타는 표1에 정리하였다. 그리고 안테나를 최적화를 위한 접지판의 크기(GWxGL)는 60x60mm로 두었다.

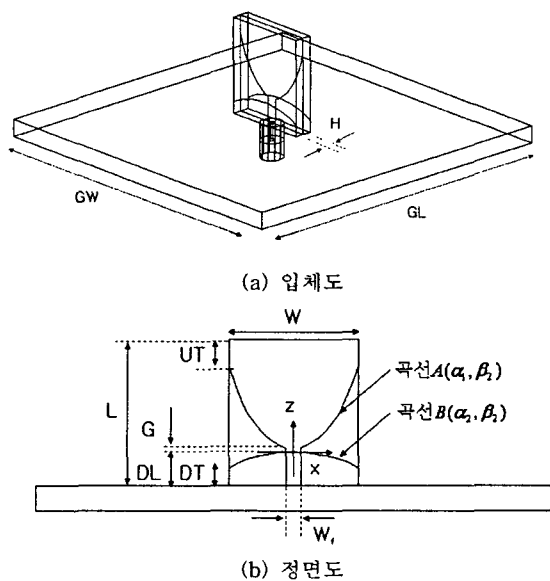


그림 1. 제안된 안테나 구조

표 1. 제안된 안테나의 최적 설계 파라메타

W	15mm	L	17mm
UT	3mm	DT	2 mm
DL	4mm	G	0.347mm
α_1	0.3	α_2	0.3
β_1	1.178	β_2	0.235
W_f	1.7mm	H	1.575mm

다음은 설계에 사용된 주요 파라메타 변화에 대한 반사손실의 특성을 살펴보고자 한다. 먼저, 그림 1(b)의 곡선 A의 변화에 대한 반사 손실을 계산하기 위해 α_1 을 0.3으로 고정하고 β_1 을 1.531, 1.178, 0.825인 경우 시뮬레이션을 수행하였다. 계산 결과는 그림 2에 나타내었다. 계산된 결과를 보면 요구 대역에서 낮은 주파수대에서 반사손실이 개선되었지만 높은 주파수대에서는 반사손실이 저하됨을 알 수 있으며, 원하는 요구 대역을 모두 만족하는 곡선의 기울기를 선택해야 할 것이다.

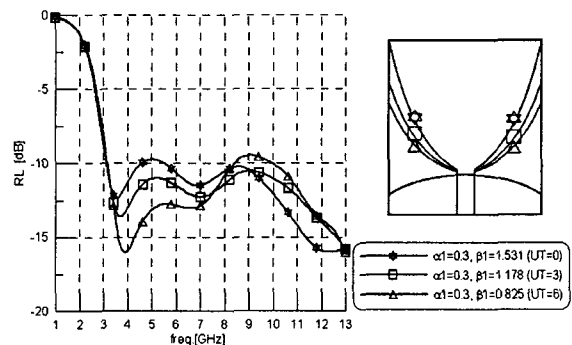


그림 2. 방사부 곡선 A의 기울기 변화에 따른 반사손실

다음은 그림 1(b)의 아래쪽에 있는 방사부의 곡선 B의 기울기의 변화를 주하고자 한다. 이를 위해 α_2 는 0.3으로 고정하고 β_2 의 변화에 대한 계산 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보면 β_2 변화에 따라 반사손실은 7.5GHz를 중심으로 낮은 주파수대에서는 개선되었지만 높은 주파수대에서 저하되고 또 반대로 일어나는 현상을 볼 수 있다. 즉, 앞서 보여준 β_1 의 변화에 대한 결과와 비슷한 경향을 볼 수 있다.

다음은 곡선 A가 원점과 종단점(UT=3mm)을 통과하고 곡선 기울기만 변화하도록 α_1 , β_1 을 변화하여 시뮬레이션하고 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 기울기가 완만해짐에 따라 낮은 주파수대에서 반사 손실이 개선되었지만 높은 주파수대에서는 상대적으로 열화되었다. 이것은 기울기가 너무 급하거

나, 완만하면 요구 대역 내에서 일정한 안테나 입력 임피던스를 유지할 수 없음을 알 수 있다.

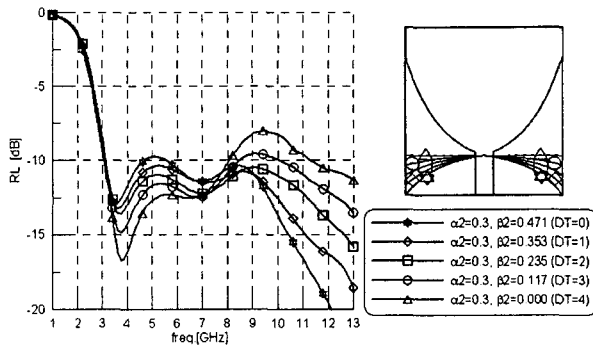


그림 3. 방사부 곡선 B의 기울기 변화에 따른 반사손실

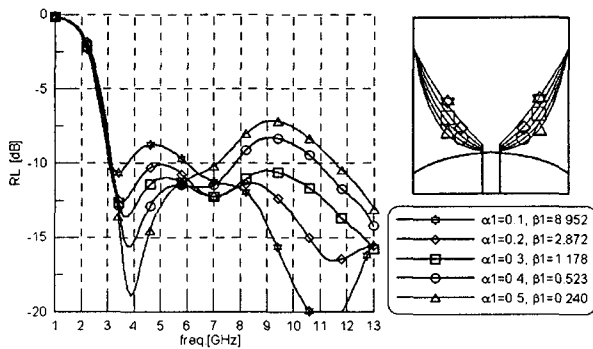


그림 4. UT=3mm로 고정하고 곡선 A의 굴곡 따른 반사손실

마지막으로 곡선 B가 원점과 종단점(DT=2mm)을 통과하고 곡선 기울기만 변화하도록 α_2 , β_2 을 변화하면서 시뮬레이션하고 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 계산 결과를 보면 기울기가 완만할수록 9GHz 이상 대역에서 반사손실이 저하되었다.

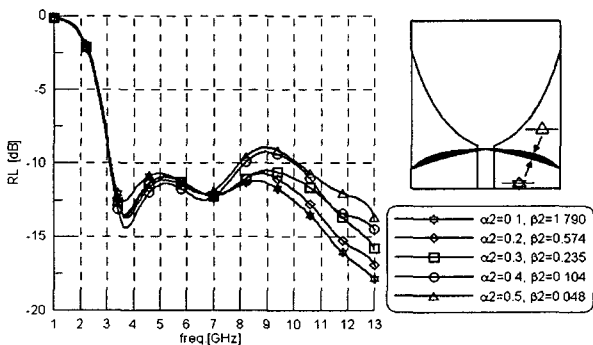


그림 5. DT=2mm로 고정하고 곡선 B의 굴곡 따른 반사손실

그리고 본 논문에서 제시한 소형 UWB 안테나에 대해 주파수에 따른 안테나 이득 특성 변화를 계산해 보았다. 주파수별 이득 특성은 그림 6에 나타내

었으며 3GHz에서 0.234dBi이고 점점 증가하여 4.481dBi까지 변화하였다.

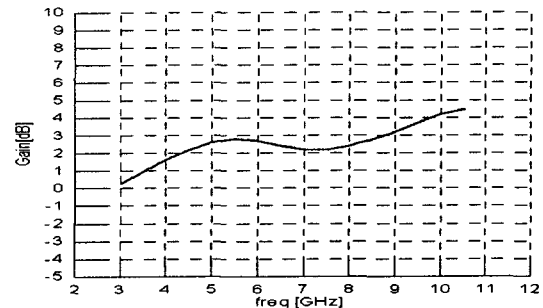


그림 6. 제안된 안테나의 시뮬레이션 이득 특성

III. 측정 및 결과 고찰

제안한 소형 UWB 안테나의 설계를 검증하기 위하여 제작하여 반사 손실과 방사 패턴을 측정하였다. 제작된 안테나 모습은 그림 7과 같다. 좌측의 사진은 입체도를 나타내었고 우측의 사진은 결합 접착될 두 장의 에칭된 기판의 모습을 각각 보여주고 있다.



그림 7. 제작된 안테나 모습

제작된 소형 안테나에 대해 HP8510C Network Analyzer로 반사손실을 측정하여 시뮬레이션 결과와 비교하여 그림 8에 나타냈다. 요구 대역 내에서 전반적으로 측정 결과와 시뮬레이션 결과가 유사함을 알 수 있었다. 그러나 측정 결과가 시뮬레이션 결과와 비교하여 미소하게 상향 이동되는 것은 제작 공정상 오차 등으로 기인된 것으로 여겨진다.

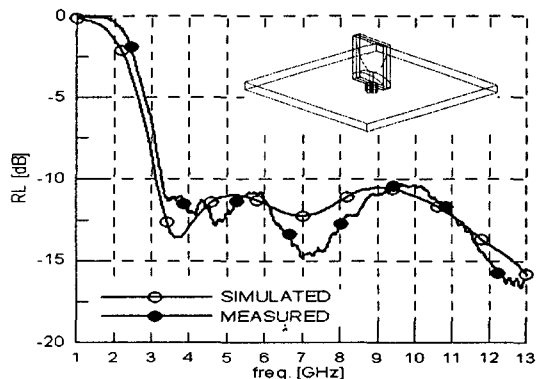
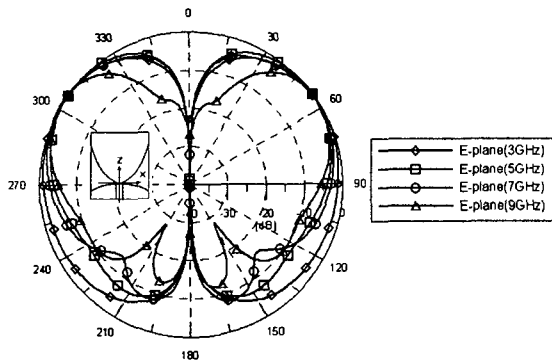
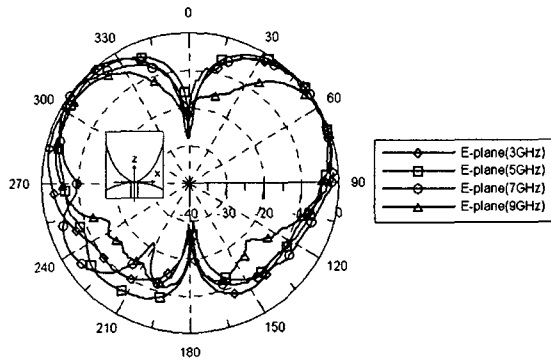


그림 8. 제안된 안테나의 반사손실 측정 결과

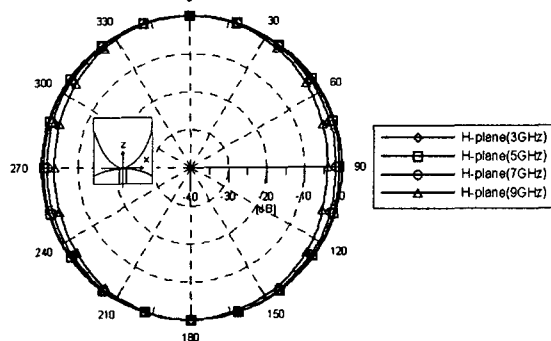
안테나 방사 패턴은 3GHz, 5GHz, 7GHz, 9GHz 주파수에 대하여 E-plane($\phi=0^\circ, \theta=0^\circ\sim 360^\circ$)과 H-plane($\theta=90^\circ, \phi=0^\circ\sim 360^\circ$)의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 그림 9에 나타내었다. 주파수가 증가하여도 방사 패턴의 모습은 비교적 일정하게 유지되었으며 측정 결과와도 일치함을 볼 수 있다.



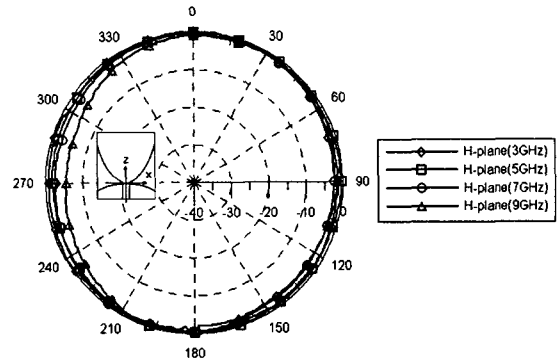
(a) 주파수별 E-plane (simulated)



(b) 주파수별 E-plane (measured)



(c) 주파수별 H-plane (simulated)



(d) 주파수별 H-plane (measured)

그림 9. 제안된 안테나의 방사패턴

IV. 결론

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에 사용될 수 있는 소형 안테나 구조를 제시하였다. 안테나는 부품 소자처럼 회로 기판에 바로 부착하여 사용할 수 있게 소형으로 설계하였다. 안테나 구조는 bow-tie 형태의 변형으로 제작이 용이하도록 작은 사각형 기판 두 장이 결합하여 접착하도록 하였다. 방사부는 초광대역 정합이 되도록 지수형태 곡선을 도입하여 설계하였다. 제안된 소형 안테나의 설계를 검증하기 위해 제작하여 성능을 측정하였다. 반사손실은 설계치와 양호하게 일치하였고 요구 주파수 범위(3.1GHz~10.6GHz)를 만족하였으며, 방사패턴도 전방향성으로 설계치와 비교적 일치하였다.

참고문헌

- [1] R. J. Fontana, "A Brief History of UWB Communications", <http://www.multyspectral.com/history.html>
- [2] L. W. Fullerton, "Reopening the electromagnetic spectrum with ultrawideband radio for aerospace", IEEE Aerospace Conference Proceedings 2000, vol. 1, pp. 201-210, 2000.
- [3] P. Witthington, "Impulse Radio Overview", Time Domain Inc., 1998.
- [4] UWB 1st Report & Order, Federal Communication Commission, Feb. 2002.
- [5] 김종규, 허유강, 조영기, "UWB 안테나 기술 동향" 한국전자파학회지, 전자파기술, vol. 13, no.3, pp.24-32, 2002, 07