

# UWB 통신용 광대역 소형 안테나 설계

## Design of Wideband Small Antenna for UWB Communication

고지환 · 신인호\* · 이영순 · 조영기\*

Ji-Whan Ko · In-Ho Shin\* · Young-Soon Lee · Young-Ki Cho\*

### 요 약

UWB 통신용으로 소형 광대역 안테나의 두 가지 형태를 제안하고자 한다. 하나는 회로 기판 위에 쉽게 장착 되고 동축 선로로 급전되는 소형 바이코니컬 형태이며, 다른 하나는 CPW로 급전되는 보우 타이 형태이다. 일반적으로 후자 형태는 전자보다 주파수 대역폭이 더 좁다. 그러나 CPW의 중심 도체 선로에 특성 임피던스가 더 높은 좁은 선로로 대체해줌으로써 일렬의 유도성 성분을 도입한다면 보우 타이 안테나도 바이코니컬 안테나처럼 비교될만한 대역폭을 확장할 수 있다. 이런 유도성 성분은 소형 보우 타이 안테나의 용량성 성분을 상쇄하는 중요한 역할을 하며, 광대역 임피던스 매칭을 가능하게 만든다. 설계 검증을 위해 소형 평면 보우 타이 안테나를 제작 및 실험하였고, 반사 손실의 측정 결과는 계산 결과와 거의 일치하였으며, 방사 패턴도 측정하여 제시하였다.

### Abstract

Two types of small wideband antennas are proposed for UWB application. One type is small biconical structure fed by coaxial probe, which is easy to be installed on the circuit board. The other type is of planar bow-tie type fed by coplanar transmission line. Generally, the bandwidth of the latter type is significantly narrower than that of the former type. It is shown, however that the bandwidth of the latter type can be made to be comparable to that of the former, if some series inductive component is introduced in the center conductor line in the CPW transmission line by replacing some part of center line with narrower line of higher characteristic impedance. The series inductance component play an important role of neutralizing the capacitive component of the small bow-tie antenna, thereby making broadband impedance matching possible. The small planar bow-tie antenna was fabricated and experimented. The experimental results for return loss are observed to be in good agreement with simulated results. The radiation pattern is also investigated experimentally.

Key words : UWB, Ultra Wideband Antenna

### I. 서 론

초광대역(UWB: Ultra Wide-Band) 기술은 이미 1962년에 마이크로파 네트워크의 과도 특성(transient behavior)을 명확하게 기술하기 위해 특성 임펄스 응답(characteristic impulse response)을 이용한 시간 영역 전자기학 분야의 연구에서 비롯되었으며, 1980년

대 후반부터 급격한 발전을 이루었고 널리 알려진 것은 1990년대 중반부터이며, 현재 차세대의 중요 기술 분야로 생각되어지고 있다<sup>[1]</sup>.

표준화 동향에서는 기업들의 이윤, 구현 가능성 등이 고려되어 UWB 통신의 주파수 범위는 3.1~10.6 GHz, 방사 전력 밀도는 -41.25 dBm으로 제한되고 있는 추세이다<sup>[2],[3]</sup>. UWB 통신은 짧은 펄스를

「본 논문은 금오공과대학교 연구용 기자재 지원 사업에 의하여 지원된 것입니다.」

금오공과대학교 전자공학과(School of Electronic Eng., Kumoh National University of Technology)

\*경북대학교 전자전기컴퓨터공학부(School of Electronic and Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

· 논문 번호 : 20050805-084

· 수정완료일자 : 2005년 11월 7일

이용해 정보를 송수신하는 무선 통신 기술로서 전송 속도가 매우 높고 반송파를 갖지 않아 회로가 간단하고 전력 소모가 적다는 장점이 있다. 응용 분야로는 주로 PC를 비롯한 주변기기, PDA, 휴대폰, 디지털 TV, 디지털 카메라 등 다양한 디지털 멀티미디어 기기를 연결하는데 주로 적용되고 있다. 이와 같이 UWB 통신의 장점으로 관심이 집중되고 있으며 무엇보다 중요한 부품으로는 소형 광대역 안테나이다. 최근에 개발되고 있는 안테나 구조로는 원형, 사각형 모습의 평면형 모노폴 안테나, 슬롯 안테나, 보우 타이 안테나 등이 있으며, 모노폴 형태는 제작상 유한한 크기로 주어질 수밖에 없는 접지 구조에 민감하고 그 외의 다른 안테나 구조는 물리적인 크기가 커지게 되어 내장용으로는 어려움이 있다<sup>[4]~[8]</sup>.

따라서 본 논문에서는 UWB 통신용으로 광대역은 물론이고 이동용 기기에 내장이 가능하도록 소형으로 제작이 가능하고, 넓은 주파수 범위에서 방사 패턴이 어느 정도 일정하게 유지되며 접지 영향을 덜 받는 안테나 구조를 제안하고자 한다. 제안된 안테나 구조는 소형 입체형 바이코니컬(biconical) 형태와 평면형 두 가지이다. 전자는 회로 기판 위에 일반 부품처럼 장착하여 사용할 수 있도록 접지면 위에 바이코니컬을 둔 구조로 요구 주파수 범위를 만족하는 소형 안테나를 설계하였다. 기존의 바이코니컬 안테나의 실제 적용은 접지면 위에 하나의 코니컬을 두고 동축 선로로 급전하는 구조로 광대역 특성을 갖고 있지만 소형으로 만들기에는 어려움이 있다<sup>[8]</sup>. 후자는 평면 형태인 보우 타이 형태로서 급전 구조는 CPW(Coplanar Waveguide)이며 회로 기판에 에칭 제작이 가능하게 설계하였다<sup>[9]</sup>. 보우 타이 안테나는 주파수 대역폭에서 바이코니컬 안테나보다 더 좁지만, CPW 급전 선로의 일부 짧은 구간에 보다 큰 특성 임피던스를 갖게 중심 도체 선로의 폭을 더 좁게 두어 즉 유도성 성분을 얻는 효과로 보우 타이 안테나의 본래의 용량성 성분을 상쇄할 수 있어 주파수 대역폭을 확장하고 반사 손실을 개선할 수 있는 방법을 사용하였다. 이들의 설계 타당성을 확인하기 위해 안테나를 제작 측정하여 고찰하고자 한다.

## II. 소형 바이코니컬 안테나 설계

먼저 광대역 특성을 갖는 소형 바이코니컬 안테나 구조를 설계하고자 한다. 안테나 구조는 그림 1에서와 같이 도체 판 위에 안테나가 놓여져 있고, 바이코니컬 중간에는 유전체를 두어 윗 쪽 코니컬을 지탱할 수 있는 구조로 정했으며 코니컬의 내부는 도체로 채워져 있다. 급전은 아래쪽 코니컬의 중앙에 동축 선로로 입력하는 방식이다. 이러한 구조를 선택한 것은 소형으로 안테나를 만들어 일반 부품처럼 회로 기판에 용이하게 장착하여 사용하기 위한 목적이다. 이런 내장형 안테나로 사용하기 위해서는 적어도 전체 크기가  $20 \times 20 \times 20$  mm 이내로 되게 설계하고자 한다.

그림 1의 주요 설계 파라미터는 아래, 위 코니컬의 높이  $H_1, H_2$ , 코니컬의 직경  $\phi_R$ , 코니컬 간의 간격  $G$ , 평면을 기준으로 코니컬의 기울어진 각도  $\theta_u, \theta_d$ 로 주어진다. 아래쪽 코니컬 중앙에 있는 동축 선로는 외부 직경이  $\phi_a$ , 내부 직경이  $\phi_c$ 이고 중간에 유전체가 채워져 있다. 여기서 코니컬의 기울어진 각

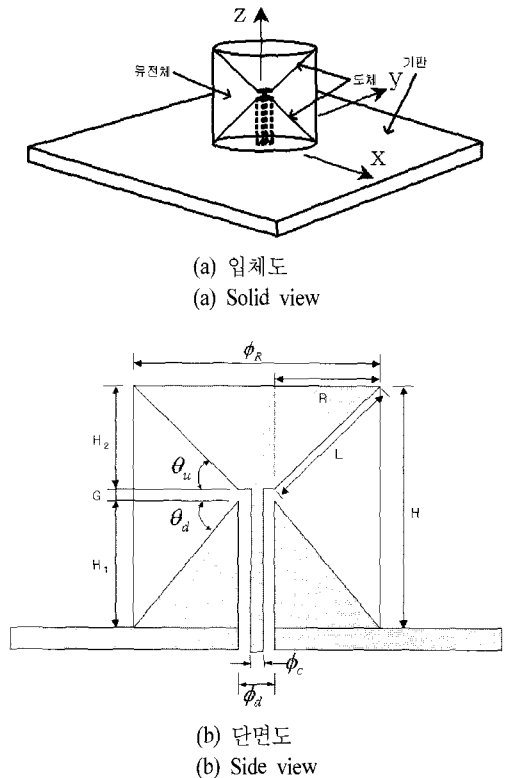


그림 1. 소형 바이코니컬 안테나의 구조  
Fig. 1. Geometry of small biconical antenna.

도  $\theta_u$ ,  $\theta_d$ 는 안테나 특성에 큰 영향을 준다. 이러한 파라미터 정의를 갖고 접지면을 제외한  $20 \times 20 \times 20$  mm 크기 정도의 소형 바이코니컬을 설계하고자 한다. 먼저 급전 선로는 표준 동축 케이블 크기로 특성 임피던스가 50  $\Omega$ 이 되게 내부 유전체의 유전상수는 2.5이고 내경  $\phi_i$ 와 외경  $\phi_o$ 는 각각 1 mm, 3.73 mm로 정하였다. 설계 초기값으로 코니컬의 직경  $\phi_R$ 은 20 mm로 두고,  $\theta_u$ ,  $\theta_d$ 가 45°일 때  $R$ 은 8.135 mm이고,  $H_1$ ,  $H_2$ 도 8.135 mm이며  $L$ 의 길이는 11.5 mm가 된다. 코니컬 간의 간격  $G$ 를 1.5 mm로 두면 안테나의 높이  $H$ 는 17.77 mm가 된다. 그리고 윗 쪽 코니컬을 지지하기 위해 중간에 있는 유전체는 제작을 고려하여 유전상수가 2.5인 테프론으로 채우고, 접지면의 크기는 단말기의 크기를 고려하여  $80 \times 80$  mm로 두었다. 이런 조건에서 유전체가 채워져 있는 경우와 없는 경우에 대해 HFSS S/W tool로 반사 손실을 계산하여 그림 2에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 이중 공진이 일어나면서 광대역 특성을 보여주고 있다. 그림 1의 구조는 접지면에 코니컬이 부착되어 있으므로 하반부에 기생 소자를 부착한 모노폴 형태 또는 기생 소자를 다이폴의 한 팔(arm)로 본다면 다이폴 형태로 간주될 수 있다. 공진 주파수는 복잡한 여러 파라미터의 결합에 의해 정해지지만 대략적으로

로 바이코니컬 대각선 길이의  $\lambda/4$ 와 바이코니컬의 수직 높이의  $\lambda/2$ 의 근처에서 공진이 일어난다. 반사 손실 특성은 10 dB 기준으로 하한 주파수는 2.5 GHz, 상한 주파수는 13 GHz로 충분하지만, 7 GHz대에서 좀 더 개선되면 UWB 안테나로 가능성을 충분히 보여주고 있다.

그림 1의 바이코니컬 안테나에서 주요 설계 파라미터인  $R$ 과  $L$ 의 변화에 대한 반사 손실 특성을 살펴보고자 한다. 먼저  $\theta_u$ ,  $\theta_d$ 를 45°로 두고 길이  $2L$ 의 변화에 따른 반사 손실에 대한 계산 결과를 그림 3에 나타내었다. 반사 손실의 변화 특성을 보면 첫 번째와 두 번째 공진 주파수 둘 다 변화를 보이는데, 길이  $2L=23$  mm일 때 첫 번째 공진 주파수는 3.25 GHz이고 이는  $\lambda/4$  길이에 해당한다. 즉, 첫 번째 공진 주파수는 길이  $2L$ 의 영향을 받을 수 있다. 좀더 확인하기 위해  $2L$ 의 길이를 3 mm씩 증감하여 20 mm, 26 mm로 변화하여 보면  $\lambda/4$ 에 해당되는 공진 주파수 3.6 GHz와 2.8 GHz에서 일어남을 확인할 수 있다. 전체적으로 길이  $2L$ 이 커질수록 낮은 주파수 대역 쪽으로 내려가는 모습을 볼 수 있다.

다음은 길이  $2L=23$  mm로 두고  $R$ 의 변화에 따른 반사 손실 계산 결과를 그림 4에 나타내었다. 이는 그림 1의  $\theta$  각도 변화의 결과로도 볼 수 있다. 그림을 보면  $R=7.135$  mm, 8.135 mm, 9.135 mm로 점차 증

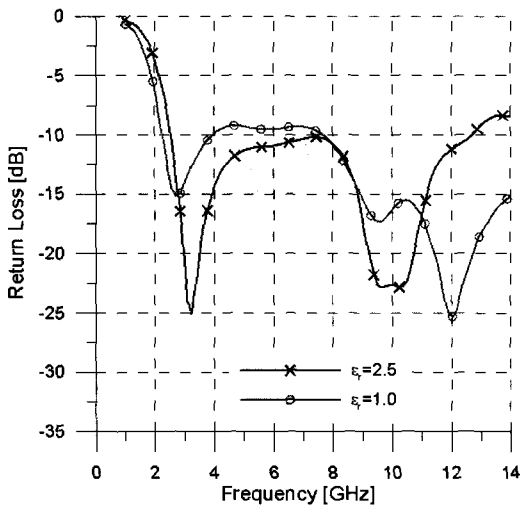


그림 2. 유전체가 채워진 경우와 채워지지 않은 경우의 안테나 반사 손실  
Fig. 2. Return loss of the antenna filled with dielectric or without.

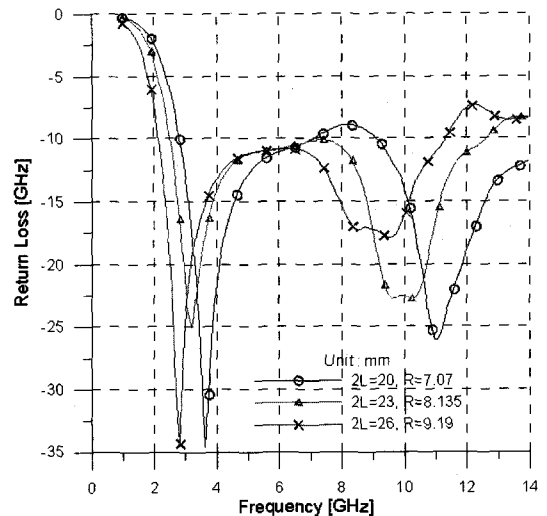


그림 3. 길이  $2L$  변화에 따른 반사 손실  
Fig. 3. Return loss versus length  $2L$ .

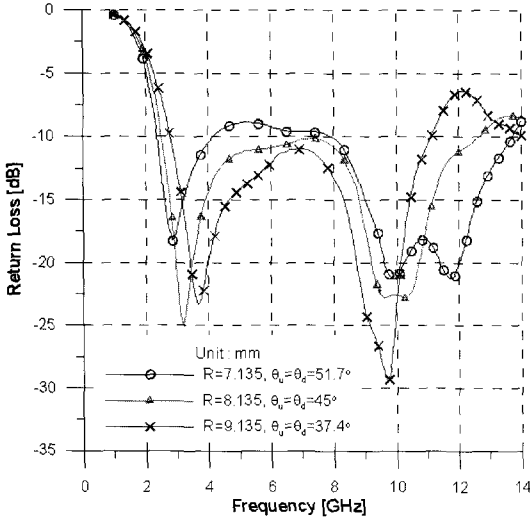


그림 4. 길이 R 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 4. Return loss versus length R.

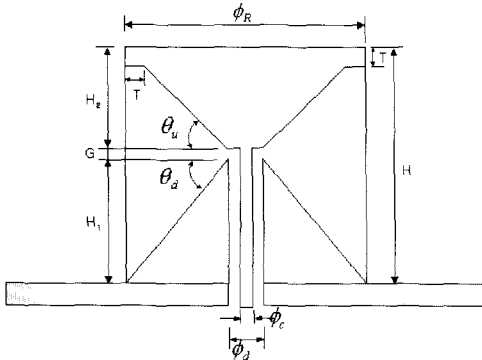


그림 5. 소형 바이코니컬 안테나의 단면  
Fig. 5. Side view of the small biconical antenna.

가할수록 첫 번째 공진 주파수는 약간씩 높아지고 두 번째 공진 주파수는 적어지는 경향을 볼 수 있다. 즉 길이  $2L$ 은 고정으로 두고  $\theta$  각도가 작을수록(즉,  $H$ 가 작아질수록) 주파수 대역폭이 좁아진다는 점을 알 수 있다.

앞서 설계 파라미터 분석에서도 보면 중간 주파수 대역인 6~8 GHz 대에서 반사 손실이 약간 크게 나오는 모습을 볼 수 있다. 이 점을 개선하기 위해 그림 5에서 보여주는 바와 같이 윗 쪽 코니컬 가장 자리에 사각 턱을 둬서 해결하고자 시도하였다. 사각 턱의 폭과 높이는 동일하게  $T$ 로 표시하였고 반사 손실의 계산 결과는 그림 6에서 보여주고 있다. 계

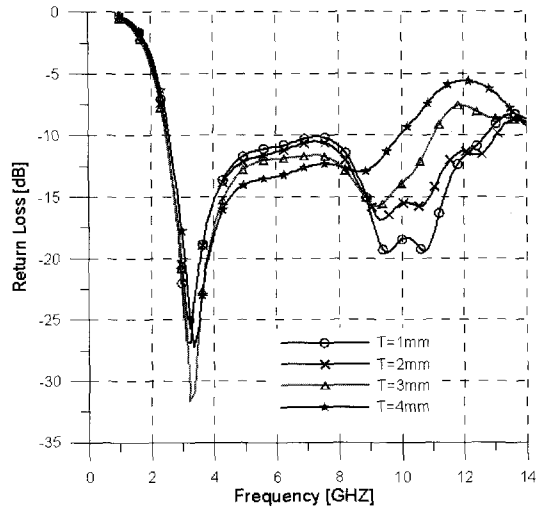


그림 6. T 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 6. Return loss versus length T.

산결과를 보면  $T$ 가 클수록 6~8 GHz 대에 반사 손실은 작아지지만 상한 주파수가 낮아져 대역폭이 좁아지는 경향을 볼 수 있다. UWB 대역을 고려하여 보면  $T$ 가 3 mm일 때가 임피던스 매칭 면에서 주어진 UWB 대역을 만족시키고 있음을 확인할 수 있다. 이는 윗 쪽 코니컬의 날카로운 모서리에 턱( $T$ )을 두어 날카로운 부분을 완화시켜 안테나의  $Q$ 가 감소되므로 반사 손실이 약간 개선되는 것으로 여겨진다.

그림 5에서  $T$ 가 3 mm일 때 주파수 변화에 따른 안테나 이득 특성의 변화를 그림 7에 나타내었다. 소형 바이코니컬 안테나의 이득은 주파수 범위 3.1

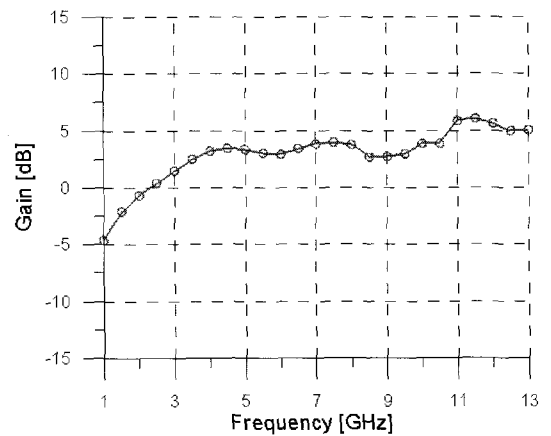


그림 7. 주파수 변화에 따른 바이코니컬 안테나 이득  
Fig. 7. Biconical antenna gain versus frequency.

GHz~10.6 GHz에서 1.5 dB~4 dB 사이의 값을 가지며 비교적 균일한 이득을 보여주고 있다. 이러한 관찰로부터 소형 바이코니컬 안테나는 UWB 통신에 적절함을 알 수 있다. 그림 8은 소형 바이코니컬 안테나의 방사 패턴을 보여주고 있다. 3 GHz, 5 GHz, 7 GHz, 9 GHz에서의 E-plane 패턴(x-z면)과 H-plane 패턴(x-y면)을 도시하였는데 주파수가 높아짐에 따라 E/H-plane 방사 특성이 모두 약간 일그러진 모습이 관찰되었지만 거의 비슷하였고 전방향성 패턴을 보여주고 있다.

따라서 본 논문에서 제안한 소형 바이코니컬 안

테나 구조는 UWB 대역 3.1 GHz~10.6 GHz를 만족하였으며 이득 또한 대역 내에서 비교적 일정하였다. 예측된 바와 같이 방사 패턴은 전방향 특성을 지니므로 UWB 이동 통신용 안테나로 사용하기에 적합하다. 그리고 본 안테나는 일반 부품처럼 회로 기판에 장착하여 사용되기 위한 것으로 회로 기판이 접지면 역할을 하며 기판의 크기에 따라 안테나 특성이 변화될 수 있다. 접지면의 크기에 따라 미치는 영향을 확인하기 위해 코니컬 직경에 5 mm씩 여유를 둔 30×30 mm의 작은 접지면인 경우에 대해 계산하여 보면 반사 손실 특성에 큰 변화는 없었고 광대역인

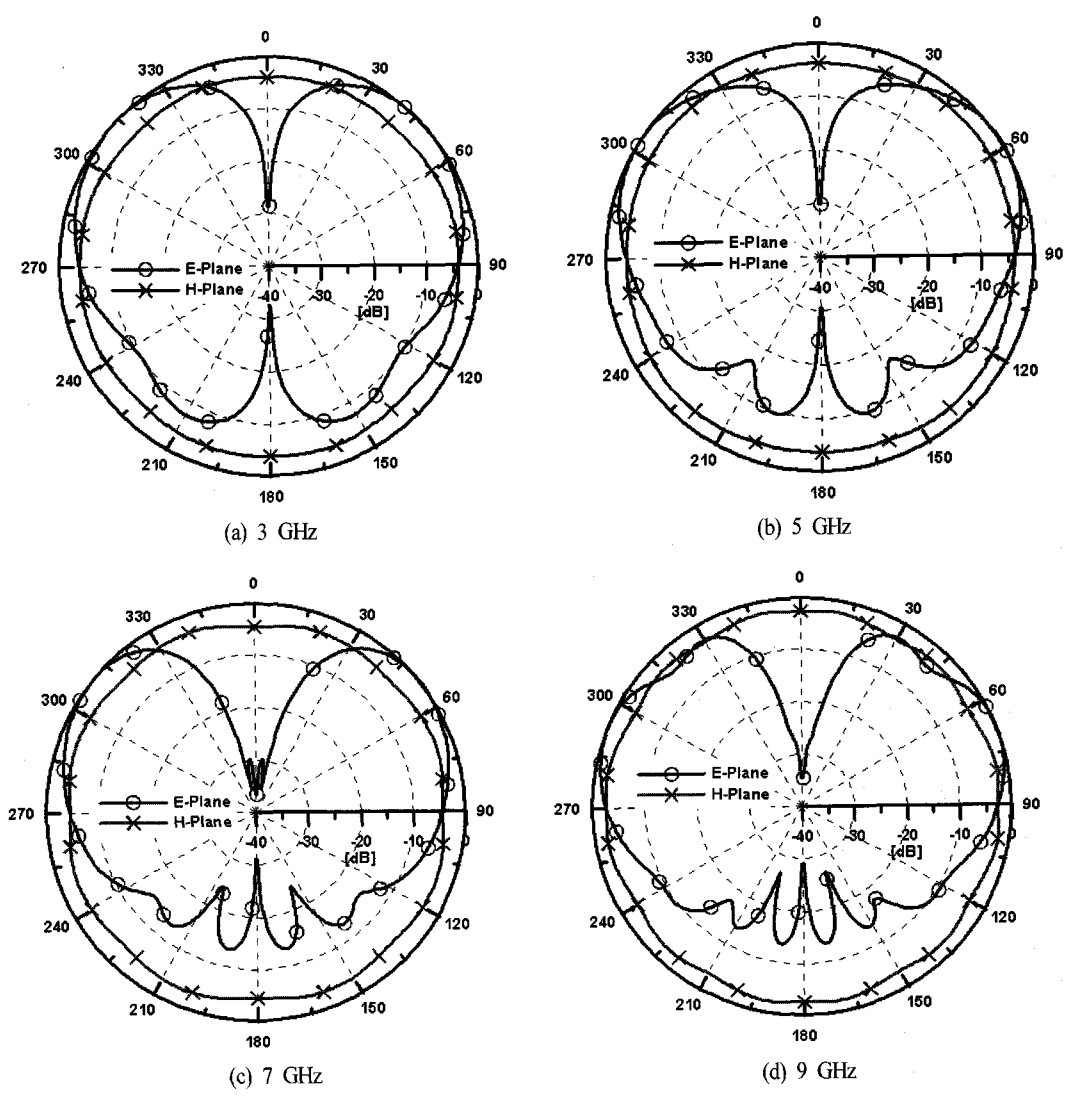


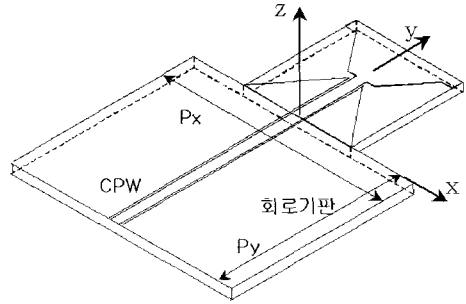
그림 8. 바이코니컬 안테나의 방사 패턴(x-z plane)  
Fig. 8. Radiation pattern of the biconical antenna.

요구 주파수 범위를 만족하는 것으로 확인하였다. 이는 본 구조가 다이폴 형태로 인하여 접지면의 크기에 따른 영향은 적게 미치는 것으로 여겨진다. 하지만 소형 바이코니컬 안테나는 구조상 제작이 비교적 어렵다는 단점도 있다. 다음 절에서는 소형 바이코니컬 안테나와 특성은 비슷하고 회로 기판에 에칭하여 제작이 용이한 소형 평면 안테나를 설계하고자 한다.

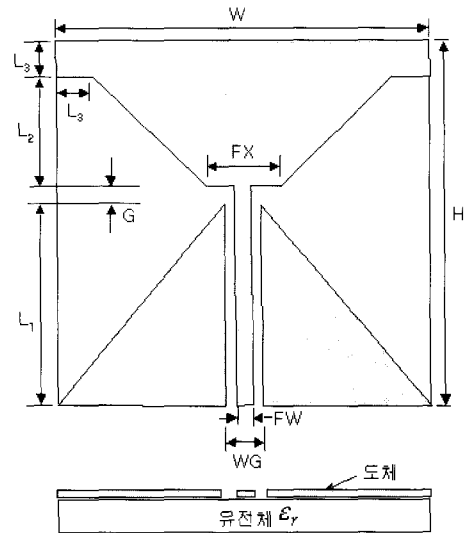
### III. 소형 평면형 보우 타이 안테나의 설계

앞서 제안한 바이코니컬 안테나 구조에서 단면의 형태를 유전체 기판 상에 구현하여 보면 보우 타이 형태가 된다. 이 구조는 그림 9에 도시된 바와 같으며 앞서 제안한 소형 바이코니컬 안테나는 수직으로 장착하지만, 본 평면형 보우 타이 안테나는 회로 기판 상에 수평으로 놓여 있는 구조가 된다. 설계하고자 하는 안테나의 전체 크기는 가능한 소형으로 세로  $20 \times 20$  mm로 두었고, 기판은 두께가 1.575 mm이고 상대유전상수  $\epsilon_r$ 가 3.2인 것을 사용하였으며, 급전은 CPW를 사용하였다.

그림 9의 평면형 안테나 설계는 앞 절의 설계 분석 결과를 참조하여  $L_1, L_2, L_3$ 의 길이는 각각 11 mm, 6 mm, 2 mm, 그리고 G와 FX의 길이는 1 mm, 5 mm로 두었고, CPW 급전선로의 특성 임피던스가 50  $\Omega$  되게 FW=2 mm, WG=2.4 mm로 정했다. 이런 조건에서 반사 손실에 대한 시뮬레이션한 결과를 그림 10에 나타내었다. 여기서 접지 역할을 하는 회로 기판의 크기에 따라 계산 결과가 달라지므로 실제 경우를 고려하여 적절하게 가로  $P_x=60$  mm, 세로  $P_y=20$  mm로 두고 계산한 결과이다. 그림 10으로부터 알 수 있듯이 입체형 바이코니컬 안테나의 특성과 유사하게 여러 개의 공진 현상으로 광대역을 얻을 수 있는 가능성은 보여 주고 있지만 전반적으로 반사 손실이 좋지 않음을 볼 수 있으며 설계 파라미터를 최적화하여도 광대역인 UWB 대역 전체를 만족시키기에는 상당한 어려움이 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 3~10 GHz에 이르는 광대역 정합 방법을 제시하고자 한다. 제시한 정합 방법은 CPW 급전 선로에 특성 임피던스가 서로 다른 두 종류의 전송 선로를 조합하여 광대역 정합을 이루고자



(a) 입체도  
(a) Solid view



(b) 평면도  
(b) Top view

그림 9. 소형 평면형 바이코니컬 안테나의 구조  
Fig. 9. Structure of the small planar biconical antenna.

한다. 급전 선로에 서로 다른 특성 임피던스를 조합하는 것은 근사적 등가회로 측면에서 보면  $L, C$ 를 직병렬로 연결하여 임피던스 매칭 효과를 얻고자 하는 방법과 동일한 것이다<sup>[10]</sup>. 다시 설명하면 일반적으로 소형 보우 타이 안테나는 용량성 성분의 존재로 광대역 임피던스 매칭에 곤란한 점이 있어 이를 상쇄하기 위해 CPW 급전 선로에 특성 임피던스가 보다 큰 짧은 전송 선로를 배치하여 즉 유도성 성분을 도입하므로 광대역의 임피던스 매칭을 이루고자 한다. 먼저 그림 9의 CPW 급전 선로에 특성 임피던스가 다른 짧은 전송 선로를 배치하여 반사 손실의 특성 변화를 살펴보자. 변경된 구조는 그림 11과 같으

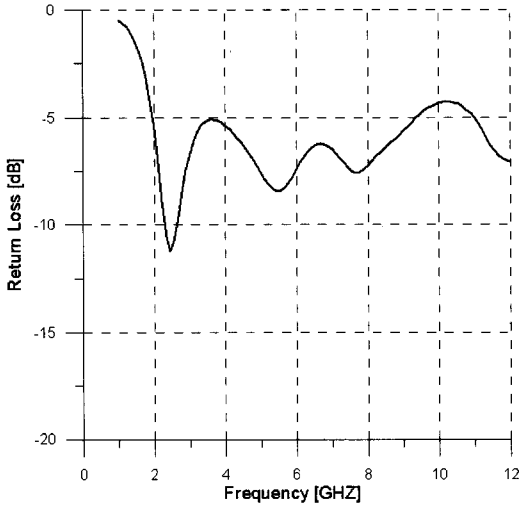


그림 10. 소형 평면형 바이코니컬 안테나(그림 9)의 반사 손실  
 Fig. 10. Return loss of the small planar biconical antenna(Fig. 9).

며 짧은 전송 선로의 위치는 아래쪽을 기준으로 FP 라 하고, 짧은 전송 선로의 길이는 FSL, 스트립 폭은 FSW라 두자. 반사 손실의 특성 변화를 알아보기 위해 짧은 전송 선로의 특성 임피던스가 90 Ω 되게 폭을 FSW=1 mm 두고, 길이가 FSL=5 mm일 때 짧은 전송 선로의 위치에 따른 계산 결과를 그림 12에 나타내었다. 계산 결과를 보면 전반적으로 반사 손실은 개선되었으며 FP가 클수록 상한 주파수가 높은 쪽으로 이동하면서 대역폭이 넓어졌다. 여기서 짧은 전송 선로의 위치를 FP=4 mm로 두고 짧은 전송 선로의 길이 FSL의 변화에 대한 반사 손실의 계산 결과를 그림 13에 나타내었다. 계산 결과를 보면 첫 번째 공진 주파수는 변동이 없고, 주파수 대역폭을 넓어졌으며 반사 손실의 특성은 개선되는 모습을 볼 수 있다. 이와 같이 한 개의 짧은 전송 선로를 넣어 가지고는 어느 정도 개선은 되지만 전체적으로 UWB 대역에서 요구되는 반사 손실의 성능을 만족시킬 수 없었다.

그림 11의 CPW 급전 구조에 한번 더 특성 임피던스 변화를 주어 주파수 대역폭을 좀 더 광대역시키고 반사 손실 특성을 개선하기 위해 아래쪽 급전선로 양옆에 있는 삼각형 접지면의 위 모서리를 변으로 만들어 사다리꼴 형태로 변형하여 보자. 변경된

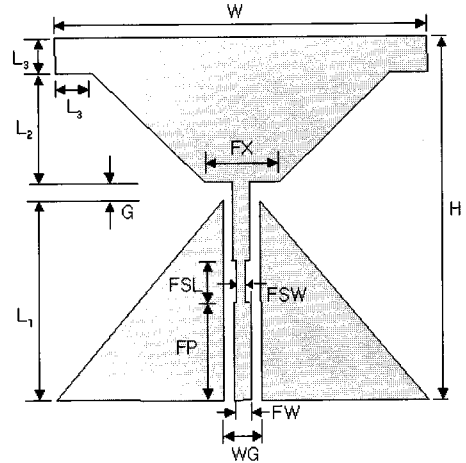


그림 11. CPW 급전 선로에 한 개의 짧은 전송 선로가 배치된 평면형 안테나 구조  
 Fig. 11. Planar antenna structure arranged the short transmission line within CPW.

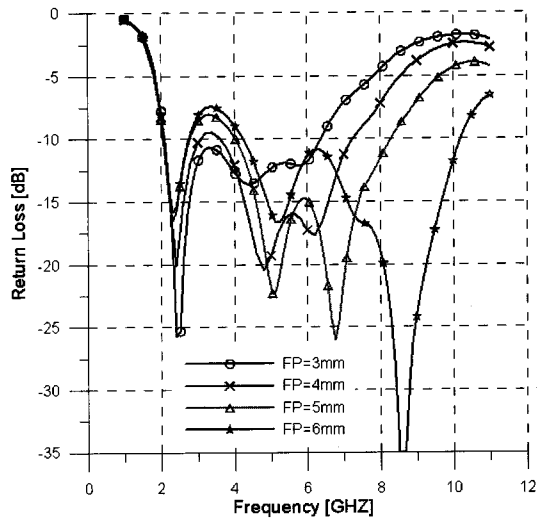


그림 12. 위치 FP 변화에 따른 반사 손실  
 Fig. 12. Return loss versus position FP.

평면 안테나 구조는 그림 14와 같다. 이런 급전 구조에 대해 반사 손실의 특성 변화를 보기 위해 그림 11의 설계 파라미터를 기본으로 두고 PW=1 mm, FP=2 mm, FG=3 mm, FSL<sub>2</sub>=2 mm일 때 FSL<sub>1</sub>의 변화에 따른 반사 손실의 시뮬레이션 결과를 그림 15에 나타내었다. 계산 결과를 보면 UWB 대역을 충족할 만큼 광대역화가 되었으며, 반사 손실 특성은 중간 주파수대에서는 만족되지만 9 GHz 대에서는 좀 부족하

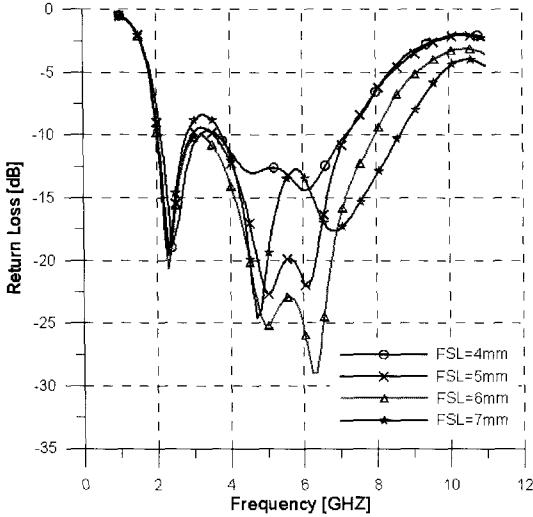


그림 13. 길이 FSL 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 13. Return loss versus length FSL.

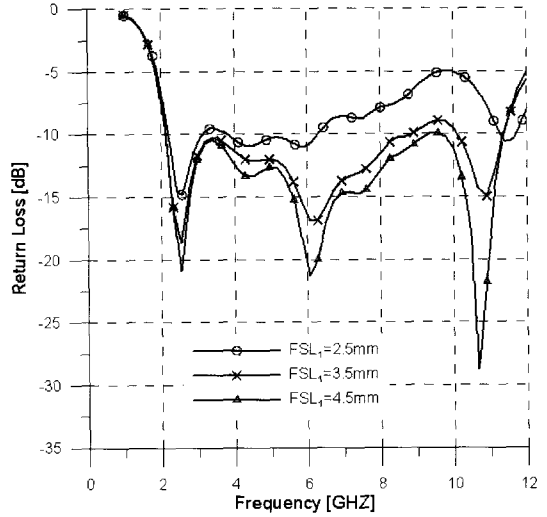


그림 15. 길이 FSL<sub>1</sub> 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 15. Return loss versus length FSL<sub>1</sub>.

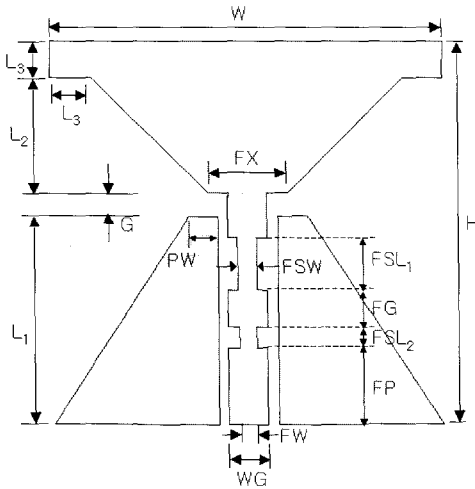


그림 14. CPW 급전 선로에 두 개의 짧은 전송 선로가 배치된 평면형 안테나의 구조  
Fig. 14. Planar antenna structure arranged two short transmission lines within CPW.

나  $FSL_1$ 이 4.5 mm일 때가 적절한 길이로 여겨진다. 다음은  $FSL_1=4.5$  mm로 두고  $FSL_2$  변화에 따른 반사 손실 시뮬레이션 결과를 그림 16에 나타내었다. 계산 결과를 보면 반사 손실 특성의 변화를 볼 수 있으며  $FSL_2$  길이가 2 mm 정도일 때 약간 미흡하지만 요구 UWB 대역을 만족함을 볼 수 있다.

지금까지는 CPW 급전 선로에 서로 다른 특성 임피던스를 조합하여 광대역 임피던스 매칭을 시켰으나

아직 3 GHz 대와 9 GHz 대역에서 반사 손실이 미흡하여 더 개선하여야 할 필요가 있다. 이를 위해 급전 선로 양옆에 있는 변형된 사다리꼴 접지면의 윗변인 PW의 길이를 변화하면서 계산한 결과를 그림 17에 나타내었다. 그림에서 보면  $PW=2$  mm일 때 반사 손실이 약 2 dB 정도 개선되는 점을 볼 수 있다. 이는 아래쪽 삼각형의 날카로운 모서리 부분을 없애 줌으로 전체 광대역 성능 특성은 유지하면서 주파수 변화에 대한 민감한 특성을 어느 정도 완화시켜 주는

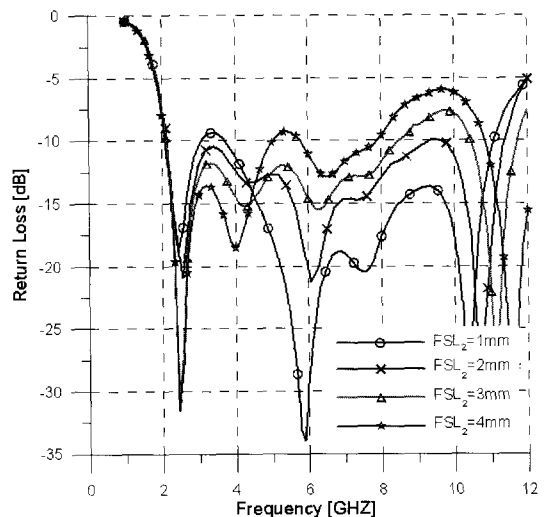


그림 16. 길이 FSL<sub>2</sub> 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 16. Return loss versus length FSL<sub>2</sub>.



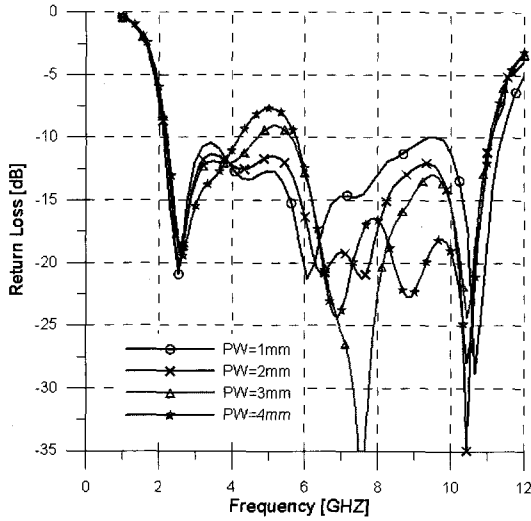


그림 17. PW 변화에 따른 반사 손실  
Fig. 17. Return loss versus PW.

것으로 여겨진다.

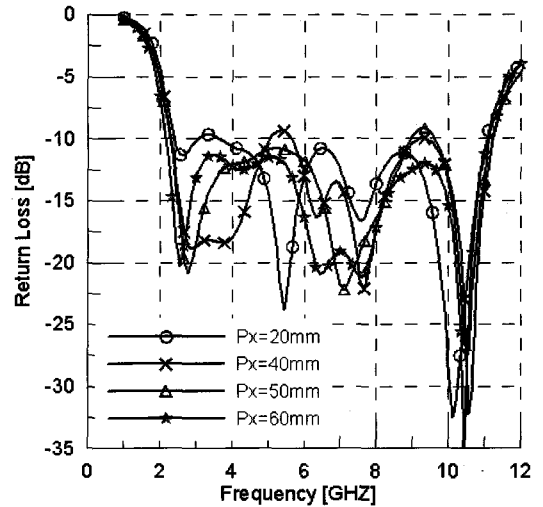
이상으로 평면형 보우 타이 안테나 구조를 가지고 UWB 대역에서 반사 손실이 만족되게 안테나를 설계하였으며 표 1에 설계치를 요약하였다. 이런 설계 결과에 대하여 접지면인 회로 기판의 크기( $P_x$ ,  $P_y$ )

표 1. 최적화된 소형 평면형 바이코니컬 안테나의 설계치

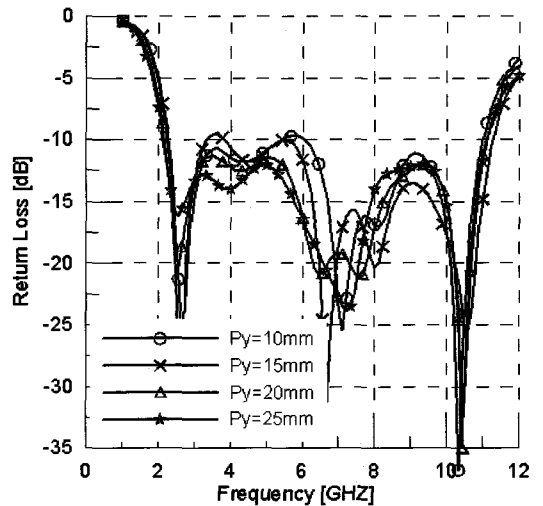
Table 1. Design value of the optimized small planar biconical antenna.

설계 파라미터	[mm]
$W$	20
$L$	20
$L_1$	11
$L_2$	6
$L_3$	2
$G$	1
FG	3
FW	2
WG	2.4
PW	2
FX	5
FP	2
FSL <sub>1</sub>	4.5
FSL <sub>2</sub>	2

에 따른 반사 손실 특성에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 먼저 접지면의  $P_y=20$  mm로 두고  $P_x$ 를 40 mm, 50 mm, 50 mm로 변화하면서 계산 결과를 그림 18(a)에 나타내었고, 다시  $P_x=60$  mm로 두고  $P_y$ 를 15 mm, 20 mm, 25 mm로 변화하면서 계산 결과를 그림 18(b)에 나타내었다. 그림에서 보면 전체적인 광대역성은 유지하면서 접지면의 크기에 따라 미치는 영향은 적은 것으로 확인되었다. 만약 접지면이 매우 적



(a)  $P_y=20$  mm



(b)  $P_x=60$  mm

그림 18. 접지면의 크기( $P_x$ ,  $P_y$ )에 따른 반사 손실 계산

Fig. 18. Return loss versus the size( $P_x$ ,  $P_y$ ) of ground plane.

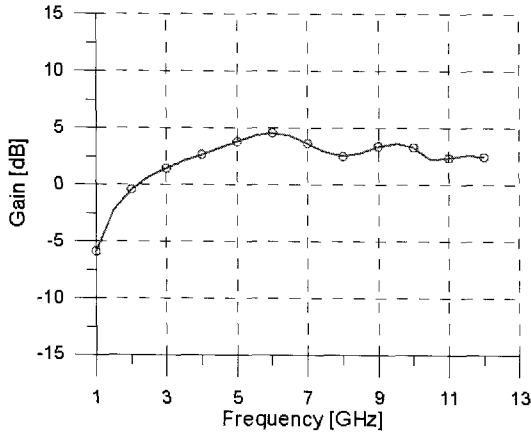


그림 19. 주파수 변화에 따른 평면형 바이코니컬 안테나 이득 계산 결과  
 Fig. 19. Planar biconical antenna gain calculated versus frequency.

다면 당연히 성능 특성은 저하될 것이므로 그림 18에서 보여준 접지면의 크기 이상(대략  $P_x=20$  mm,  $P_y=10$  mm)은 되어야 할 것이다. 그리고 최종 설계된 소형 평면 안테나에 대하여 주파수에 따른 안테나 이득 계산 결과를 그림 19에 나타내었다. 안테나의 이득은 3 GHz 대에서 다소 적지만 전체 대역에서 이득 변화가 비교적 균일하여 UWB 통신용으로 사용하는 데 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

설계된 소형 평면 안테나의 방사 패턴에 대한 시뮬레이션 결과는 측정 결과와 함께 그림 22에 나타내었다. 여기서 방사 패턴은 접지면 역할을 하는 회로 기판의 영향을 제외하고 단지 안테나부만 시뮬레이션한 결과를 보여준 것이며, E/H-plane 형태를 보면 전체적으로 다이폴 안테나처럼 전방향 패턴을 보여주고 있으나 9 GHz 대에서 E-plane 형태가 좀 짙어 그러짐을 볼 수 있다.

그리고 앞서 설계한 소형 바이코니컬 안테나와 평면형 안테나의 성능 결과를 비교하여 보면, 반사 손실인 경우 평면 안테나는 2.1 GHz~11.4 GHz, 바이코니컬 안테나는 2.4 GHz~13.8 GHz로 UWB 대역을 모두 만족하였고, 이득 특성인 경우 평면형 안테나는 1.4 dB~4.5 dB, 입체형 바이코니컬 안테나는 1.5 dB~4 dB로 비슷하였으며, 방사 패턴은 두 안테나 모두 전방향 패턴 특성을 나타내었다. 따라서 평면형 보우 타이 안테나는 입체형 바이코니컬 안테나

와 비슷한 특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

#### IV. 소형 평면형 보우 타이 안테나 제작 및 측정

본 논문에서 소형 입체형 바이코니컬 안테나와 평면형 보우 타이 안테나를 설계하였지만, 입체형 바이코니컬 안테나는 제작상의 어려움으로 소형 평면형 안테나만 제작하여 설계 결과를 확인하였다. 제작된 안테나 모습은 다음의 그림 20에서 보여주고 있다. 제작된 평면 안테나의 반사 손실의 측정 결과는 계산치와 비교하여 그림 21에 나타내었으며 비교적 일치된 결과를 볼 수 있다.

안테나의 방사 패턴 측정은 주파수 3 GHz, 5 GHz, 7 GHz, 9 GHz에서 E-plane과 H-plane 패턴을 측정하

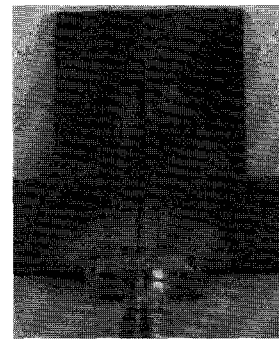


그림 20. 제작된 소형 평면형 바이코니컬 안테나 모습  
 Fig. 20. Photograph of the small planar biconical antenna.

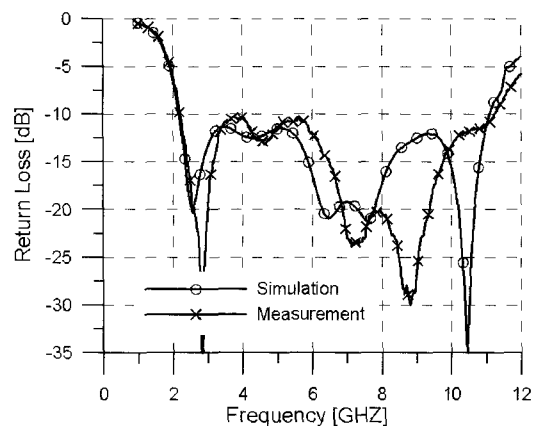


그림 21. 반사 손실의 측정 결과  
 Fig. 21. Measured results of return loss.

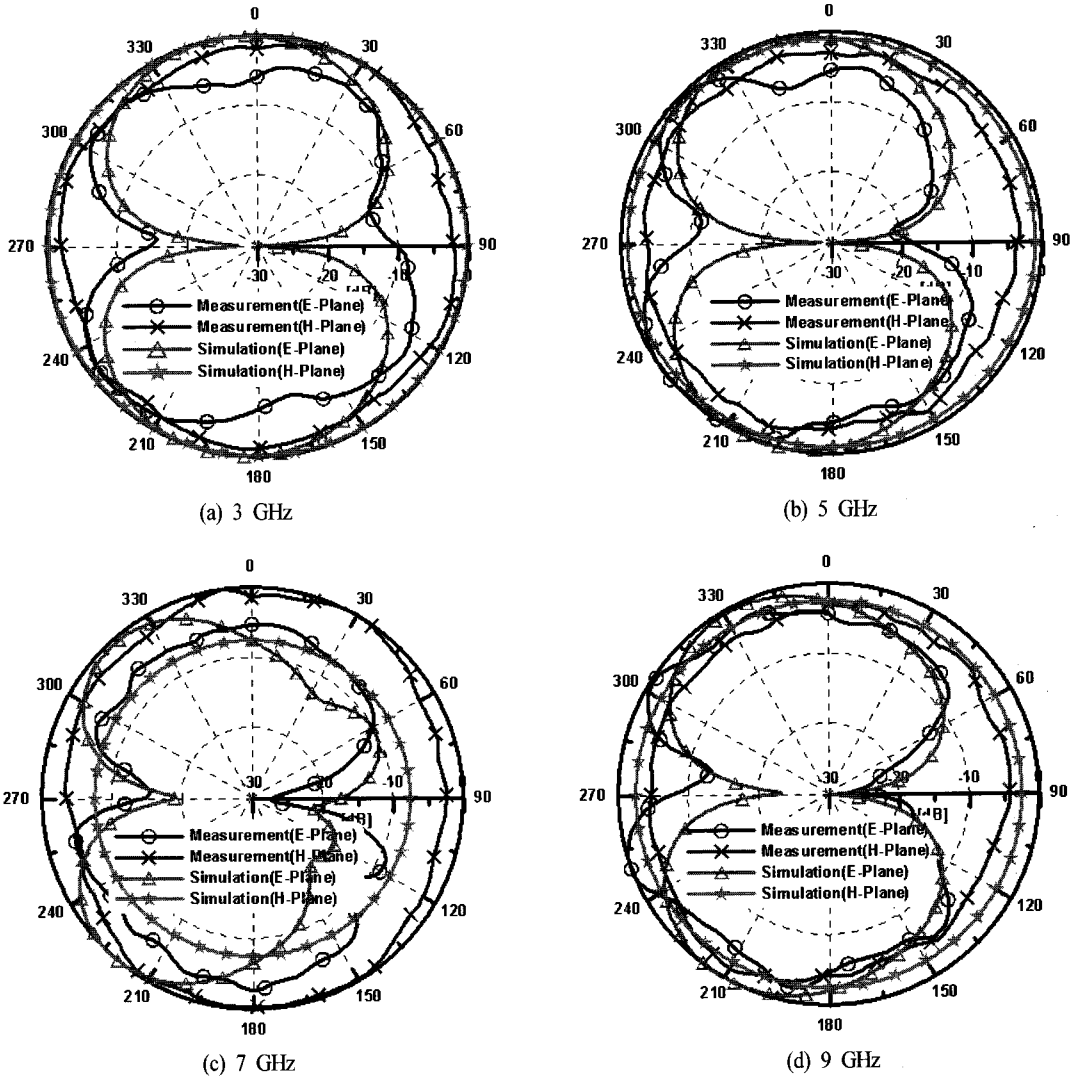


그림 22. 방사 패턴에 대한 시뮬레이션과 측정 결과  
 Fig. 22. Simulated and measured results of radiation pattern.

고 각 주파수별 최대값을 정규화 하여 그림 22에 나타내었다. 패턴 측정은 옥외에서 실시되어 반사파로 약간 리플이 있지만 계산 결과에 입각한 예상대로 비슷하였으며 다이폴 안테나처럼 E-plane의 8자 형태와 H-plane의 전방향 특성을 볼 수 있다. 여기서 E-plane은 y-z면에서  $\theta$ 에 따른 패턴이고 H-plane은 x-y면에서  $\phi$ 에 따른 패턴을 의미한다.

### V. 결 론

본 논문에서는 UWB 통신용으로 이동용 기기에

내장이 가능한 소형 입체형 바이코니컬 형태와 소형 평면형 보우 타이 형태인 두 가지 안테나 구조를 설계하였다. 소형 바이코니컬 안테나는 회로 기판 위에 장착하도록 직경 20 mm, 높이 17.7 mm인 원통형이며 위/아래 코니컬 사이에는 유전체를 삽입하였고, 급전 구조는 아래쪽 코니컬 중앙에 동축 선로로 설계하였다. 그리고 소형 평면형 안테나는 회로 기판에 에칭 제작이 가능하도록 평면 보우 타이 형태이며 안테나 크기는 20×20 mm이고, 급전 구조는 CPW 급전 선로에 서로 다른 특성 임피던스를 조합하여 매칭시키는 방법을 사용하여 설계하였다.

설계된 소형 바이코니컬 안테나와 평면형 안테나의 계산된 성능 결과를 비교하여 보면 주파수 범위에서 바이코니컬 안테나는 2.4 GHz~13.8 GHz, 평면형 안테나는 2.1 GHz~11.4 GHz로 UWB 대역을 모두 만족하였고, 이득 특성은 바이코니컬 안테나인 경우 1.5 dB~4 dB, 평면형 안테나는 1.4 dB~4.5 dB로 비교적 균일하고 비슷하였다. 방사 패턴은 두 안테나 모두 요구 주파수 범위에서 전방향 패턴 특성을 유지하였다.

본 논문에는 UWB용 안테나로서 두 가지 형태 즉 소형 입체형 바이코니컬 안테나와 소형 평면형 보우타이 안테나의 성능을 비교 분석하였고, 상대적으로 제작이 용이한 소형 평면형 안테나를 설계 제작하여 실험을 통하여 계산치의 타당성을 검증해 보았다. 반사 손실의 측정은 계산 결과와 비교적 일치하였으며, 방사 패턴은 계산 결과에 입각한 예측대로 E-plane의 8자 형태와 H-plane의 전방향성 특성을 확인하였다. 따라서 제안된 안테나 구조는 UWB 통신의 내장형 안테나로 적절할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] R. J. Fontana, "A brief history of UWB communications", <http://www.multispectral.com/history.html>  
 [2] 이형수, 신철호, "UWB 기술 정의 및 특성", 한국전자과학회논문지, 13(3), pp. 3-8, 2002년 7월.

[3] T. Mitchell, "Broad is the way", *IEE Review*, vol. 47, no. 1, pp. 589-593, Jan. 2001.  
 [4] Albert K. Y. Lai, Albert L. Sinopoli, and Walter D. Burnside, "A novel antenna for ultra-wide-band applications", *IEEE Trans. Antennas Propaga.*, vol. 40, no. 7, pp. 755-760, Jul. 1992.  
 [5] Albert Lai, Walter D. Burnside, and Albert Sinopoli, "A novel ultra-wideband antenna", *Dig. of Int. Sym. Antennas Propaga. Soc.*, pp. 703-706, 1991.  
 [6] K. Kiminami, A. Hirata, and T. Shiozawa, "Double-sided printed bow-tie antenna for UWB communication", *IEEE Ant. And Wireless Propagation Letters*, vol. 3, pp. 152-153, 2004.  
 [7] 허유강, 고지환, 김의중, 이형수, 조영기, "Ultra Wide-Band용 Rectangular Plate Monopole 안테나의 설계", 마이크로파 및 전파통신 학술대회 논문지, 26(1), pp. 653-656, 2003년.  
 [8] S. S. Sandler, R. W. P. King, "Compact conical antennas for wide-band coverage", *IEEE Trans. Antennas Propaga.*, vol. 42, no. 3, pp. 436-439, Mar. 1994.  
 [9] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1998.  
 [10] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, 1998.

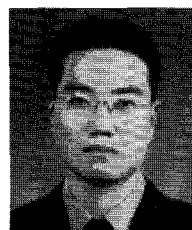
고 지 환



1982년: 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 1985년: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1998년: 경북대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1985년~2000년: 한국전자통신연구원 연구원

2000년~현재: 금오공과대학교 전자공학부 교수  
 [주 관심분야] 안테나 설계, 초고주파 도파관 및 부품 설계, 전자파 산란, 위성통신

신 인 호



2003년: 경북대학교 전자전기공학부 (공학사)  
 2005년: 경북대학교 전자전기공학부 (공학석사)  
 2005년~현재: (주)삼성전자 연구원 [주 관심분야] 안테나 설계, RF 회로

## 이 영 순



1979년: 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1981년: 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)

1996년: 경북대학교 전자공학과 (공학박사)

1981년~현재: 금오공과대학교 전자공학부 교수

[주 관심분야] 전자기 이론, 안테나의 산란 문제, 도파관 불연속, 개구 결합

## 조 영 기



1978년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1981년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1998년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1981년~현재: 경북대학교 전자전기공학부 교수

1992년~현재: 국제전파연합(URSI) 한국대표

2000년~현재: 한국전자파학회 학술이사

2002년~현재: 경북대학교 공과대학 BK 사업 단장

[주 관심분야] 전자기 산란 및 복사, 주기구조, 안테나 이론