

UWB 통신용 CPW 급전 디스크 섹터 안테나

임정현¹, 이민수^{2*}, 양두영¹

Disk Sector Antenna fed by CPW for UWB Communications

Jung-Hyun Lim¹, Min-Soo Lee^{2*} and Doo-Yeong Yang¹

요약 본 논문에서는 UWB 통신용 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고 제작한다. 또한 디스크 섹터 안테나의 부채꼴에 사각형 슬릿을 삽입하여 E-평면에서 방향성을 갖도록 하였다. 안테나의 입력 임피던스는 안테나를 구성하는 파라미터인 디스크 섹터의 반경, 디스크 섹터의 중심각, 접지면의 길이와 급전선 부근의 접지면 모서리의 길이를 변화시켜서 50Ω을 갖는 급전선과 정합시켰다. 설계된 UWB 통신용 안테나의 크기는 72mm×26mm이고, 시뮬레이션을 통한 안테나의 대역폭은 3~13GHz이다. 측정결과로부터 대역폭은 1.98~11GHz이고 제작된 안테나의 반사손실과 이득은 3.5GHz에서 -50.88dB, 1.34dBi, 5.5GHz에서 -12.27dB, 3.35dBi, 8GHz에서 -23.2dB, 3.8dBi이고 10GHz에서 -16.17dB, 5.2dBi를 갖는다.

Abstract In this paper, we design and fabricate a disk sector antenna fed by CPW for UWB communications. Also, we insert a rectangular slit on the arc-edge of the disk sector antenna. Then, the antenna has the directivity of E-면. In order to design the antenna, the input impedance is matched with the feed line of 50Ω as varying the physical antenna parameters, which are the radius, the flare angle of disk sector, the length of ground, and the length of ground corner near by feed line. Dimension of the antenna designed for UWB communication is 72mm×26mm and bandwidth through computer simulation is 3~13GHz. From the measured results, the bandwidth is 1.98~11 GHz. Return loss and gain of the fabricated antenna are -50.38dB, 1.34dBi at 3.5GHz, -12.27dB, 3.35dBi at 5.5GHz, -23.2dB, 3.8dBi at 8GHz and -16.17dB, 5.2dBi at 10GHz, respectively.

Key Words : UWB communications, CPW, disk sector antenna, rectangular slit

1. 서론

최근 전자기술의 발달로 나노세컨드 이하의 짧은 펄스를 이용한 통신기기의 개발이 가능해짐에 따라 이 기술을 이용한 UWB(ultra-wideband) 무선통신이 나타나게 되었다. UWB는 매우 짧은 펄스를 이용하여 정보를 송수신하는 무선통신 기술로 현재 한정된 주파수 자원에 비해 주파수에 대한 수요가 급증하는 문제를 해결하기 위한 방법으로 관심을 모으고 있다.

즉 UWB 무선통신 기술은 기존의 통신시스템의 주파수 스펙트럼을 공유함으로써 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있게 해준다[1][2].

UWB 통신기술은 펄스의 듀티 사이클(duty cycle)이 매우 작기 때문에 전송속도가 빠르고 다중접속이 가능하

여 PC를 비롯한 주변기기, PDA, 휴대폰, 디지털 TV, 디지털 카메라 등 다양한 디지털 멀티미디어 기기를 연결하는데 적용되고 있다[3]. UWB 통신은 전력 세기가 매우 낮아 기존의 무선서비스 주파수 대역에서 사용하여도 간섭 영향이 적다. UWB 통신은 협대역 시스템에서 사용하는 정현파 대신 임펄스 신호를 사용하기 때문에 넓은 주파수 대역에서 에너지가 분포한다. 이렇게 신호에너지를 초광대역으로 분산하여 송신함으로써 다른 통신시스템에는 거의 영향을 주지 않는다. 기존의 무선통신 방식의 대부분이 슈퍼헤테로다인(super-heterodyne)방식을 사용하는데 반해 UWB 시스템은 기저대역에서의 직접 변환에 의한 호모다인(homodyne) 방식을 사용하기 때문에 송수신기에서의 주파수 변환 과정이 필요치 않아 회로가 간단하고 전력 소모가 적어 여러 응용분야에 사용할 수

¹제주대학교 통신공학과

*교신저자: 이민수(lmsoo@daejin.ac.kr)

접수일 08년 12월 21일

수정일 09년 02월 3일

²대진대학교 통신공학과

제재확정일 09년 02월 18일

있다는 장점이 있다. 이런 수많은 장점들로 인해 UWB 통신에 대한 관심이 집중되고 있으며 UWB 기술 구현의 핵심적인 기술 중의 하나인 안테나 분야 역시 많은 연구가 진행되고 있다.

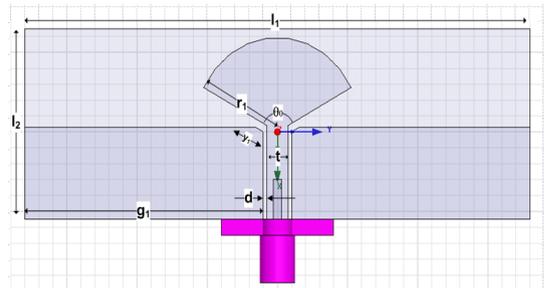
UWB 통신용 안테나는 광대역에서 낮은 전력으로 동작하므로 넓은 주파수 범위에서 양호한 임피던스 매칭 및 비교적 일정한 방사패턴을 유지해야 한다. 안테나는 넓은 주빔(main beam)을 가지며, 낮은 부엽(side lobe)은 물론 낮은 정재파비가 요구된다. 안테나에서 신호를 수신하는 경우 일정한 편파 특성을 가져야 하는데 광대역에서는 원형편파 특성을 유지하기가 쉽지 않으므로 선형편파를 갖는 안테나를 주로 사용한다. 또한 휴대용 UWB 통신 단말기에 사용되는 경우 소형화 추세에 있는 RF 시스템의 요구조건에 맞게 전기적으로 소형인 안테나의 설계가 필요하다[4]-[8].

본 논문에서는 UWB 통신용 CPW(coplanar waveguide) 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고 제작한다. CPW 선로로 안테나 회로를 구현할 경우 마이크로스트립 평면 안테나에 비해 손실이 적고, 매우 넓은 주파수 대역에서 임피던스 정합이 가능하므로, 초광대역 안테나를 설계하기 위해 50Ω에 맞는 CPW 급전선로의 폭 그리고 스트립 선로와 접지면의 간격을 우선 결정한다. 안테나 구조에서 중심주파수는 5GHz에 맞춰 디스크 섹터의 반지름 값과 중심각을 조절하고 사각형 접지면 구조에서 변형시킨 모서리 부분의 길이와 접지면의 가로 길이를 조절하여 안테나와 급전선로를 정합시킨다. 안테나의 반사손실 특성을 유지한 상태에서 방사패턴을 조절하기 위해 디스크 섹터 안테나의 상단부에 사각형 슬릿을 삽입한 구조에 대해 분석한다. 또한 디스크 섹터 가장자리에 부채꼴 슬릿을 삽입하여 저지대역 특성을 갖는 안테나를 제안한다.

2. CPW 급전 디스크 섹터 안테나 설계

2.1 디스크 섹터 안테나 구조

본 논문에서는 UWB 통신용 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고, 안테나 방사체에 사각형 슬릿과 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 안테나의 특성에 대해 분석한다. 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.8$, 손실 탄젠트 $\tan \delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 FR-4 기판 상에 설계한다.

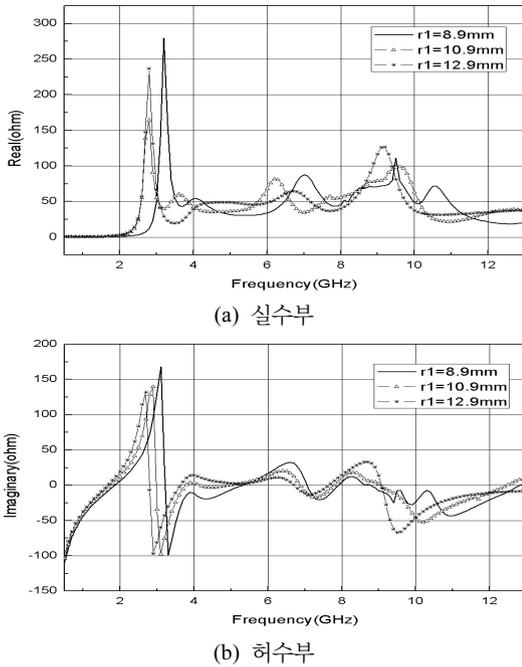


[그림 1] 제안된 안테나 구조

그림 1은 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하기 위한 안테나 파라미터를 나타낸 것이다. l_1 과 l_2 는 안테나의 가로와 세로의 길이이며, g_1 은 접지면의 가로 길이이다. r_1 은 디스크 섹터의 반지름이며, θ_0 는 디스크 섹터의 중심각, t 는 스트립 선로의 폭이다. 또한 d 는 접지면과 스트립선로 사이의 간격이고, y_1 은 변형시킨 접지면의 길이이다. 그림 1의 안테나 구조에서 디스크 섹터의 반지름 값과 중심각을 중심주파수 5 GHz에 조절하고 사각형 접지면의 모서리 부분을 깎아 내어 전류의 흐름을 원활하게 하여 원하는 광대역 특성을 얻는다. 안테나의 방사체는 중심각 θ_0 가 124° 이고 반지름 r_1 이 11.9mm인 디스크 섹터 형태를 갖고 안테나의 급전 방식은 CPW의 사각형 접지면 모서리 부분을 깎아 내어 제한된 크기에서 광대역 특성을 갖도록 하였다. 안테나의 임피던스는 반지름 r_1 과 중심각 θ_0 모서리 부분의 길이 y_1 , 접지면의 가로 길이 l_1 에 따라 변화한다. 따라서 이 변수들을 조절하여 CPW 급전선로와 안테나를 정합시킨다.

2.2 안테나 구조에 따른 특성 변화

그림 2는 디스크 섹터의 반지름 r_1 에 따른 안테나의 시뮬레이션 임피던스 특성을 나타낸 것이다. 여기서 시뮬레이션을 위한 안테나의 고정된 설계변수는 $l_1 = 72\text{mm}$, $l_2 = 26\text{mm}$, $g_1 = 33.99\text{mm}$, $\theta_0 = 124^\circ$, $y_1 = 1\text{mm}$, $t = 3\text{mm}$, $d = 0.51\text{mm}$ 이다. 디스크 섹터의 반지름 r_1 을 8.9mm에서 12.9mm 까지 2mm 단위로 가변시키면서 임피던스 변화 특성을 살펴보면 반지름 r_1 이 커질수록 공진점은 점점 낮은 주파수 쪽으로 이동한다. 이는 디스크 섹터의 반지름이 증가함에 따라 전체 안테나의 크기가 커져 공진 주파수가 낮은 쪽으로 이동하기 때문이다.

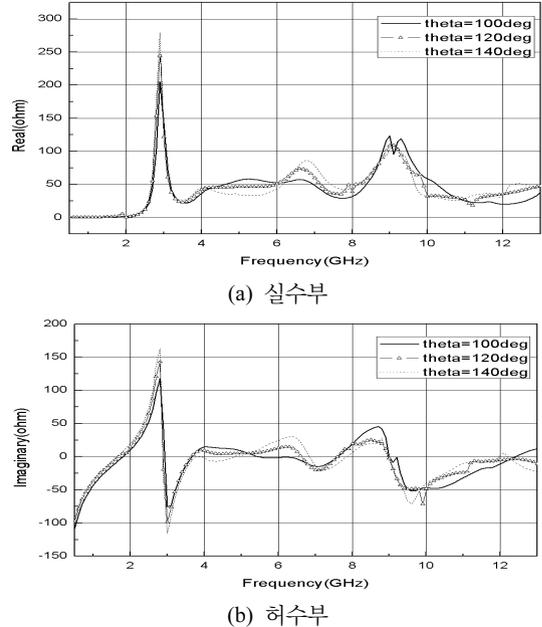


[그림 2] 디스크 섹터의 반지름 r_1 에 따른 임피던스 변화

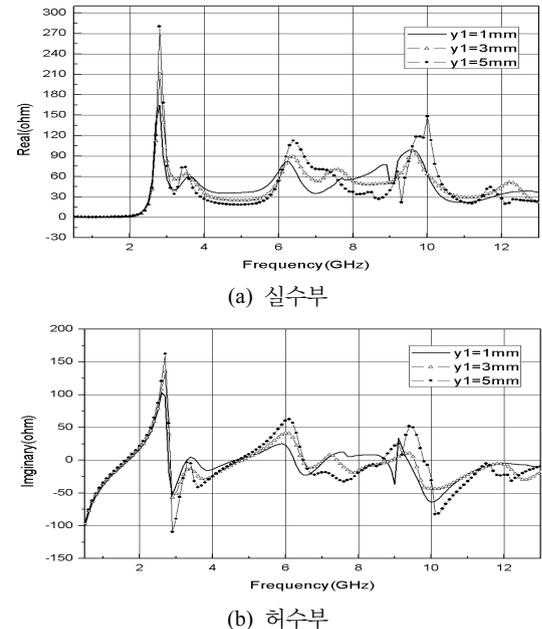
그림 3은 디스크 섹터의 중심각 θ_0 에 따른 안테나의 시뮬레이션 임피던스 특성을 나타낸 것이다. 여기서 시뮬레이션을 위한 안테나의 고정된 설계변수는 $l_1 = 72\text{mm}$, $l_2 = 26\text{mm}$, $g_1 = 33.99\text{mm}$, $r_1 = 11.9\text{mm}$, $y_1 = 1\text{mm}$, $t = 3\text{mm}$, $d = 0.51\text{mm}$ 이다. 디스크 섹터의 중심각 θ_0 를 100° 에서 140° 까지 변화시키면서 임피던스 특성을 살펴보면 1차 공진되는 지점인 3GHz 부근에서는 임피던스의 변화가 거의 없다. 하지만 고주파 영역으로 갈수록 중심각 θ_0 에 따라 임피던스가 변화하는 것을 알 수 있다. 따라서 디스크 섹터의 중심각을 조정함으로써 고주파 영역에서의 임피던스 정합이 가능하다.

그림 4는 접지면의 모서리 부분을 깎아 내어 변형시킨 접지면의 길이 y_1 에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성이 다. 여기서 시뮬레이션을 위한 안테나의 고정된 설계변수는 $l_1 = 72\text{mm}$, $l_2 = 26\text{mm}$, $g_1 = 33.99\text{mm}$, $r_1 = 11.9\text{mm}$, $\theta_0 = 124^\circ$, $t = 3\text{mm}$, $d = 0.51\text{mm}$ 이다. 변형시킨 접지면의 길이가 길어짐에 따라 공진점은 점점 높은 주파수 쪽으로 이동하고 반사손실 특성에도 영향을 미친다. 변형시킨 접지면의 길이가 길어진다는 것은 안테나의 방사체인 디스크 섹터와 접지면과의 커플링 되는 영역이 그만큼 커진다는 것을 의미한다. 즉, 디스크 섹터의 반지름의 전기적인 길이가 감소하였기 때문에 공진점

이 높은 주파수 쪽으로 이동한 것이다. 따라서 변형시킨 접지면의 길이를 적절히 조절함으로써 광대역 특성을 얻을 수 있다.

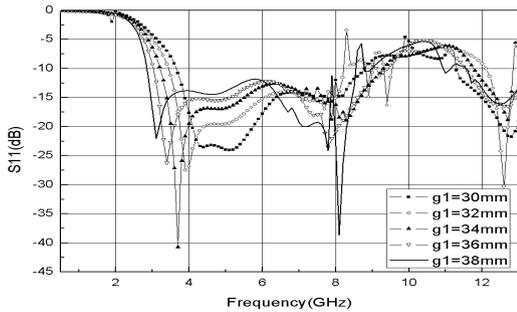


[그림 3] 디스크 섹터의 중심각 θ_0 에 따른 임피던스 변화



[그림 4] 변형시킨 접지면의 길이 y_1 에 따른 임피던스 변화

그림 5는 접지면의 가로길이 g_1 에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성으로 접지면의 크기가 커질수록 낮은 주파수 대역까지 임피던스 정합이 이루어져 넓은 대역폭을 얻을 수 있다. 하지만 광대역 특성을 위해 접지면의 크기를 무한정 크게 한다는 것은 전체 시스템의 크기를 증가시키는 결과를 초래한다. 그래서 적당한 접지면의 길이를 결정하여 시스템의 크기를 줄이면서 안정적으로 안테나와 접지면 사이의 전계를 형성할 수 있게 하는 것이 중요하다. 여기서 시뮬레이션을 위한 안테나의 고정된 설계변수는 $l_1 = 72\text{mm}$, $l_2 = 26\text{mm}$, $r_1 = 11.9\text{mm}$, $\theta_0 = 124^\circ$, $t = 3\text{mm}$, $d = 0.51\text{mm}$ 이다.

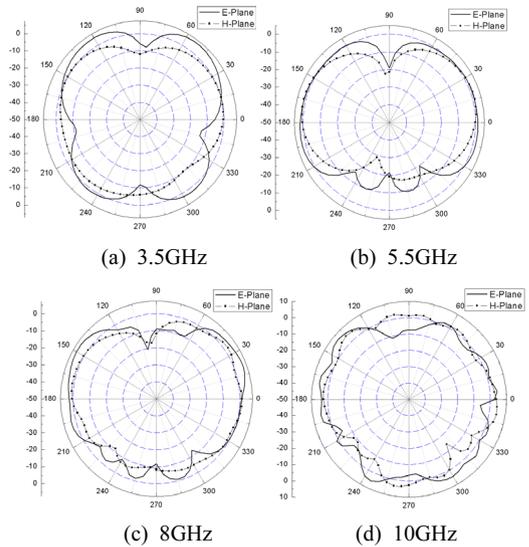


[그림 5] 접지면의 가로길이 g_1 에 따른 반사손실의 변화

앞의 그림 2와 3, 4, 5로부터 디스크 섹터의 반지름 값과 중심각, 접지면의 모서리 부분의 길이를 조절하여 안테나의 임피던스에 맞도록 설계하고, UWB 대역폭에 만족하도록 접지면의 가로길이를 조절한다. 안테나의 입력 임피던스는 안테나를 구성하는 파라미터인 디스크 섹터의 반경, 디스크 섹터의 중심각, 접지면의 길이와 급전선 부근의 접지면 모서리의 길이를 변화시켜서 50Ω 을 갖는 급전선과 정합시킨다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 대역폭은 $|S_{11}| \leq -10\text{dB}$ 이하에서 3~13GHz를 포함하는 안테나 설계 치수를 선택한다. 그래서 얻은 CPW 급전 디스크 섹터 안테나 설계 값은 $l_1 = 72\text{mm}$, $l_2 = 26\text{mm}$, $g_1 = 33.99\text{mm}$, $r_1 = 11.9\text{mm}$, $\theta_0 = 124^\circ$, $y_1 = 1\text{mm}$, $t = 3\text{mm}$, $d = 0.51\text{mm}$ 이다.

그림 6은 디스크 섹터 안테나의 주파수에 따른 방사패턴 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 E-면은 $\Theta = 90^\circ$ 인 XY 평면이고, H-면은 $\Phi = 180^\circ$ 인 YZ 평면이다. 그림 6에서 E-면의 0° 가 되는 지점은 그림 3의 안테나 구조에서 Y축($\Phi = 90^\circ$)을 의미하는 것으로 E-면 방사패턴을 안테나가 놓인 방향과 일치시키기 위해 각도를 설정한 것이다.

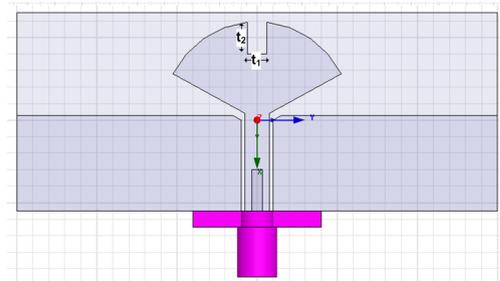
그림 6에서 디스크 섹터 안테나는 각 주파수 대역에서 E-면의 $\Phi = 0^\circ$ 와 $\Phi = 180^\circ$ 인 부근에서 널(null) 값으로 최소 방사가 일어나고, H-면의 $\Theta = 0^\circ$ 에서 주 빔이 방사하고 있다. 안테나의 방사패턴은 3.5GHz에서 8GHz까지는 좌우 8자 형태를 보이고 있고 10GHz대역에서는 위상이 틀어져 있어 부분적으로 조금 차이가 있지만 유사한 방사패턴을 나타내고 있어 UWB용 안테나로 적합하다.



[그림 6] 주파수에 따른 방사패턴 시뮬레이션 값

2.3 디스크 섹터 안테나의 방향성 조절

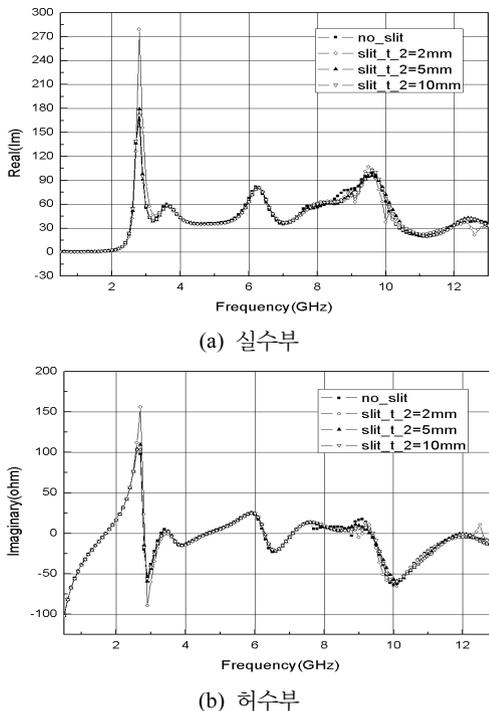
안테나의 방사패턴을 원하는 방향으로 조절하기 위해 앞에서 설계한 디스크 섹터 안테나의 상단부에 사각형 모양의 슬릿을 삽입한다. 슬릿을 삽입하였을 때 방사패턴과 지향성 이득이 달라지는 이유는 슬릿이 없을 때 방사체 내부에 골고루 분포되어 있던 전류가 슬릿을 삽입함으로써 전류 밀도에 변화가 생기기 때문이다. 사각형 슬릿을 삽입한 안테나 구조는 그림 7과 같다.



[그림 7] 사각형 슬릿을 삽입하였을 때의 안테나 구조

그림 7에서 방향성을 조절하기 위한 안테나의 파라미터인 사각형 슬릿의 길이는 t_2 사각형 슬릿의 폭은 t_1 이다. 디스크 섹터 안테나의 표면전류 세기에서 방사체의 호를 이루는 지점에서는 전류의 세기가 약하기 때문에 사각형 슬릿에 따른 전류의 변화가 거의 없다. 이를 이용하여 안테나의 임피던스 값은 유지한 상태에서 슬릿에 따라 안테나의 방사패턴을 조절할 수 있다. 사각형 슬릿을 표면 전류가 흐르는 방향을 따라 삽입하였기 때문에 슬릿의 길이 t_2 에 무관하게 일정한 전류 분포를 갖는다. 또한 사각형 슬릿의 폭 t_1 의 크기가 표면 전류의 경로에 영향을 줄 정도로 크지 않다면 슬릿의 삽입에 따른 표면 전류 분포의 변화는 거의 없을 것이다. 이는 슬릿의 길이와 폭의 변화에 따른 임피던스 특성으로 확인할 수 있었다.

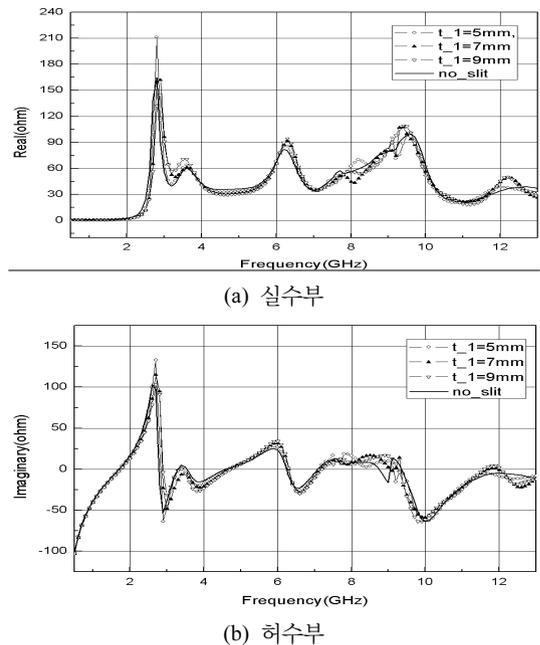
그림 8은 안테나의 방사체에 슬릿을 삽입하지 않았을 때와 슬릿을 삽입했을 때 슬릿의 길이 t_2 에 따른 시뮬레이션 임피던스 특성이다. 여기서 시뮬레이션을 위한 안테나의 고정 변수는 슬릿이 없는 안테나의 설계치수와 동일하고, $t_1 = 2.4\text{mm}$ 이다.



[그림 8] 사각형 슬릿의 길이 t_2 에 따른 임피던스 값

그림 9는 안테나의 방사체에 슬릿을 삽입하지 않았을

때와 슬릿을 삽입했을 때 슬릿의 폭 t_1 에 따른 시뮬레이션 임피던스 특성이다. 여기서 시뮬레이션을 위한 안테나의 고정 변수는 슬릿이 없는 안테나의 설계치수와 동일하고, $t_2 = 3.83\text{mm}$ 이다.



[그림 9] 사각형 슬릿의 폭 t_1 에 따른 임피던스 값

그림 8, 9로부터 디스크 섹터 안테나의 호 부분에 슬릿을 삽입하였을 때의 임피던스 특성은 슬릿의 길이와 폭의 변화에 따라 영향이 거의 없다는 사실을 확인하였다. 다시 말해 디스크 섹터 안테나의 슬릿의 길이와 폭의 변화는 안테나의 대역폭 특성과 반사손실 특성에 거의 영향을 주지 않는다. 그렇다면 사각형 슬릿의 삽입 유무에 따른 안테나의 방사패턴에도 변화가 없는지를 살펴볼 필요가 있다.

그림 10은 디스크 섹터 안테나에 슬릿을 삽입한 위치에 따른 안테나의 방사패턴이다. 그림에서 안테나의 E-평면 방사패턴은 3.5GHz에서 $\Theta = 90^\circ$ 인 XY 평면상에 그려진다. 여기서 E-면(0deg)는 사각형 슬릿을 호의 중앙에 삽입하였을 때의 E-면 방사패턴이고 E-면(-30deg)는 호의 중앙으로부터 우측 30° 되는 지점에 슬릿을 삽입하였을 때의 E-면 방사패턴, E-면(30 deg)는 호의 중앙으로부터 좌측 30° 되는 지점에 슬릿을 삽입하였을 때의 E-면 방사패턴을 나타낸다. 그림 10의 (a)와 같이 디스크 섹터 안테나에 사각형 슬릿을 호 중앙에 삽입하였을 때 안테나의

방사패턴은 슬릿의 위치에서 좌우로 방사되는 형태를 띠고 있고 최대 이득 값은 4.86dBi이다. 그림 10의 (b)와 같이 슬릿의 위치가 호의 중앙에서 우측으로 30° 기울어진 디스크 섹터 안테나의 방사패턴은 슬릿을 삽입하지 않은 방향으로 주 빔이 방사되고 있다. 또한 안테나의 최대 이득 값은 5.5dBi로 슬릿이 없는 디스크 섹터 방향으로 지향성을 갖게 된다. 그리고 최대 빔과 두번째 빔의 이득의 차이는 약 2dBi이다. 그림 10의 (c)는 슬릿의 위치가 좌측으로 30° 기울어진 디스크 섹터 안테나이다. 이때의 방사패턴 역시 슬릿을 삽입하지 않은 방향으로 주 빔이 방사되고 최대 이득 값은 5.04dBi이다. 그리고 최대 빔과 두번째 빔의 이득의 차이는 약 1.5dBi이다.

이와 같이 슬릿을 삽입하였을 때 방사패턴이 달라지는 이유는 슬릿이 없을 때 방사체 내부에 골고루 분포되어 있던 전류가 슬릿을 삽입함으로써 전류 밀도에 변화가 생겼기 때문이다. 이러한 전류 밀도의 변화가 전체의 형성에 영향을 미쳐 방사패턴이 변하게 되는 것이다. 위의 결과로부터 디스크 섹터 안테나의 방사체 부분에 사각형 모양의 슬릿을 삽입하는 위치를 변화시키면 안테나의 주 빔이 방사되는 방향을 조절 할 수 있다. 즉 다양한 종류의 UWB 통신 단말기들의 용도에 맞도록 안테나 주 빔의 방향을 조절 할 수 있는 안테나의 설계가 가능하다.

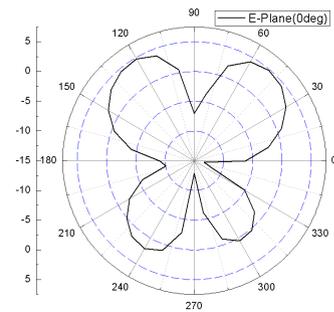
3. 제작 및 측정

3.1 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정

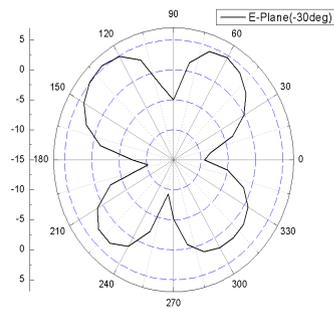
표 1은 설계된 CPW 급전 디스크 섹터 안테나의 파라미터를 나타낸 것이며, 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.8$, 손실 탄젠트 $\tan \delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 FR-4 기판 상에 제작한다.

[표 1] 안테나 파라미터 값

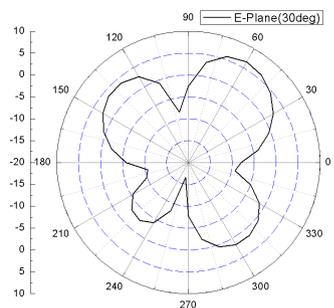
설계 제원	파라미터	설계 수치
안테나의 가로 길이(mm)	l_1	72
안테나의 세로 길이(mm)	l_2	26
접지면의 가로 길이(mm)	g_1	33.99
디스크 섹터의 반지름(mm)	r_1	11.9
디스크 섹터의 중심각(deg)	Θ	124
변형된 접지면의 길이(mm)	y_1	1
스트립선로의 폭(mm)	t	3
접지면과 스트립선로의 간격(mm)	d	0.51



(a) 슬릿을 호 중앙에 삽입한 경우



(b) 슬릿을 호의 우측에 삽입한 경우



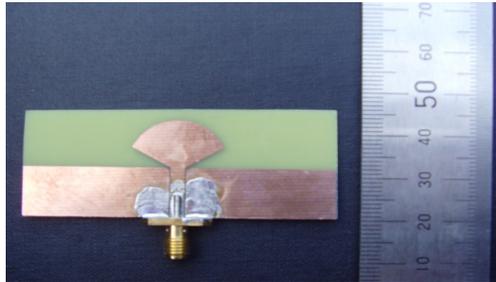
(c) 슬릿을 호의 좌측에 삽입한 경우

[그림 10] 슬릿의 위치에 따른 방사패턴

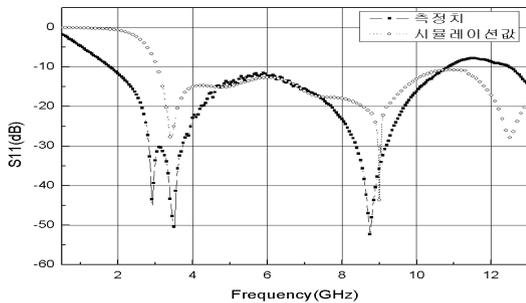
제작된 안테나의 전체크기는 76mm×26mm 이고 급전은 50Ω 동축 케이블을 사용한다.

그림 11은 제작된 CPW 급전 디스크 섹터 안테나 사진이며 그림 12는 제작된 안테나를 벡터 회로망 분석기(vector network analyzer, Anritsu 37369A)를 사용하여 측정된 반사손실 값과 시뮬레이션 값을 비교한 그래프이다. 시뮬레이션 및 측정된 대역폭($|S_{11}| \leq -10\text{dB}$)은 각각 3~13GHz 와 1.98~11GHz로 UWB 대역폭(3.1~10.6GHz)을 모두 만족함을 알 수 있다. 제작한 안테나의 측정 결

과를 시뮬레이션 결과와 비교해보면 낮은 주파수 쪽으로의 천이현상이 발생했음을 알 수 있다. 그 이유는 제작한 안테나의 접지특성이 이론적 결과보다 미약하게 나타나 3.1GHz부근에서 주파수 차단특성을 제대로 유지시키기가 어려웠기 때문이다.



[그림 11] 제작된 기본 안테나 사진

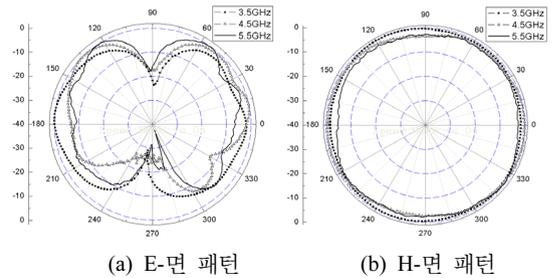


[그림 12] 반사손실 시뮬레이션 및 측정값(dB)

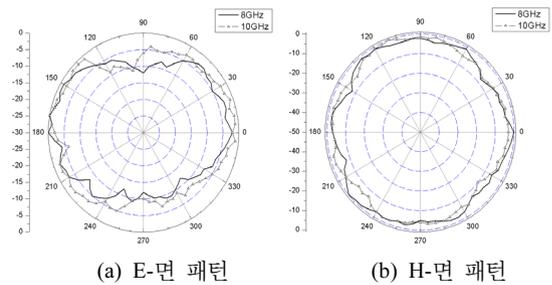
그림 13은 방사패턴 측정값을 나타낸 그림이다. 무반사실에서 측정한 결과 3.5~5.5GHz 까지의 대역에서 E-면의 경우 그림 6의 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 $\phi = 90^\circ$ 와 $\phi = 270^\circ$ 인 부근에서 널이 생기고, H-면인 경우 거의 전지향성 빔을 방사하고 있다.

그림 14는 기준안테나를 X 밴드 혼 안테나로 사용하였을 때의 8, 10GHz대역에서의 방사패턴 값이다. 측정 각도는 5° 간격이고 혼 안테나와의 거리는 30cm 이다. 측정결과 8, 10 GHz대역에서도 E-면의 경우 $\phi = 90^\circ$ 와 $\phi = 270^\circ$ 인 부근에서 널이 생기고 H-면인 경우에는 거의 전지향성 빔을 방사한다. 따라서 제작한 안테나는 UWB 주파수 대역에 따라 비교적 동일한 지향성을 갖는 방사패턴을 형성한다. 그림13의 측정결과와 그림6의 시뮬레이션 결과 간에는 H-면 특성이 주파수에 따라 다소 상이하게 나타난다. 그 이유는 단일 안테나 측정 시스템을 가지고 3~13GHz의 전대역을 측정할 수 없는 환경이어서 두 대역으로 나누어 측정하였고, 무반사실 또한

UHF 대역에 적합하게 설계된 챔버 이다.

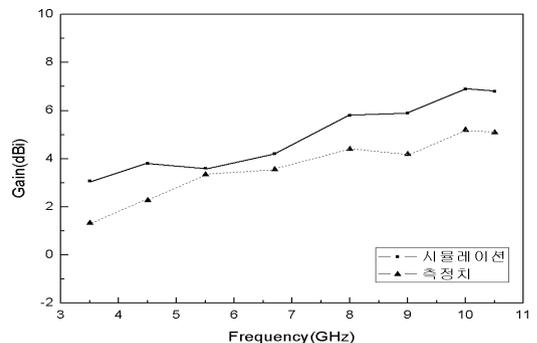


[그림 13] 3.5~5.5 GHz에서의 방사패턴 측정값



[그림 14] 8, 10 GHz에서의 방사패턴 측정값

그림 15는 제작한 안테나의 주파수에 따른 이득 특성의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 나타낸 것이다. 안테나의 이득은 5GHz이하의 저주파에서는 3dBi 미만의 값으로 전지향성 특성을 보이지만 5GHz이상의 고주파로 갈수록 패턴의 쏠림 현상으로 이득이 높아짐을 알 수 있다. 하지만 전반적인 방사패턴은 대체적으로 유지시킬 수 있음을 앞의 그림 13, 14를 통해 알 수 있다. 위의 결과들로부터 본 논문에서 제안하는 CPW 급전 디스크 안테나는 UWB용 안테나로 적합하다.



[그림 15] 안테나 이득 시뮬레이션 및 측정값

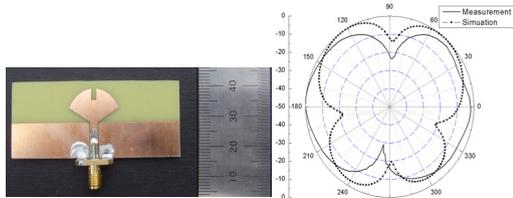
3.2 방향성 조절 안테나 제작 및 측정

표 2는 방향성 조절을 위해 설계된 CPW 급전 디스크 섹터 안테나의 파라미터를 나타낸 것이며, 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.8$, 손실 탄젠트 $\tan \delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 동일한 FR-4 기판 상에 제작한다.

[표 2] 안테나 파라미터 값

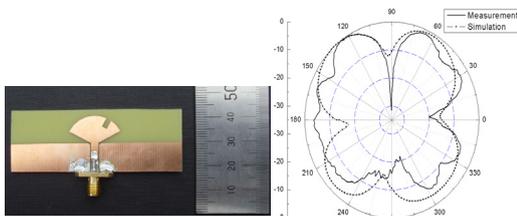
설계 제원	파라미터	설계수치
안테나의 가로 길이(mm)	l_1	72
안테나의 세로 길이(mm)	b_2	26
접지면의 가로 길이(mm)	g_1	33.99
디스크 섹터의 반지름(mm)	r_1	11.9
디스크 섹터의 중심각(deg)	Θ	124
변형된 접지면의 길이(mm)	y_1	1
스트립선로의 폭(mm)	t	3
접지면과 스트립 선로의 간격(mm)	d	0.51
슬릿의 길이(mm)	t_2	3.83
슬릿의 폭(mm)	t_1	2.4

그림 16, 17, 18은 방향성 조절을 위해 슬릿을 삽입한 안테나의 제작 사진과 3.5GHz에서의 E-면 방사패턴 측정값이고, 그림 19는 슬릿의 위치에 따른 반사손실 측정값이다.



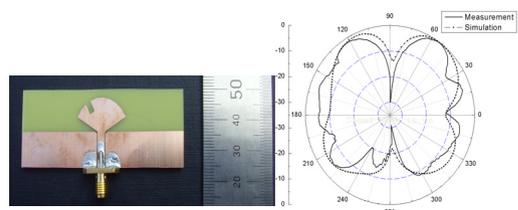
(a) 제작된 안테나 사진 (b) E-면 패턴 (3.5GHz)

[그림 16] 슬릿을 호 중앙에 삽입한 경우



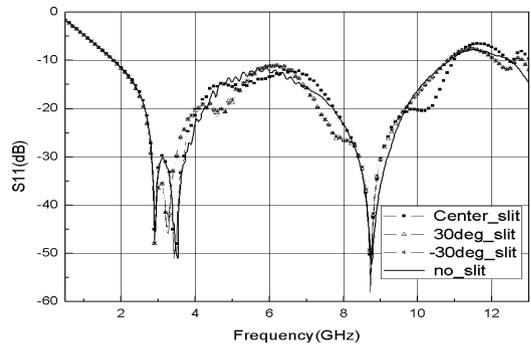
(a) 제작된 안테나 사진 (b) E-면 패턴 (3.5GHz)

[그림 17] 슬릿을 호의 우측에 삽입한 경우



(a) 제작된 안테나 사진 (b) E-면 패턴 (3.5GHz)

[그림 18] 슬릿을 호의 좌측에 삽입한 경우



[그림 19] 슬릿의 위치에 따른 반사손실 측정값

그림 16에서 중앙에 슬릿을 삽입하였을 경우 슬릿을 중심으로 좌우 이득편차가 0.5dBi 안팎으로 8자 모양의 방사패턴 특성을 나타낸다. 그림17에서는 슬릿을 삽입하지 않은 방향인 좌측 145°인 지점에서 최대 이득을 나타내고 있다. 슬릿을 삽입한 방향과 삽입하지 않은 방향의 이득편차는 약 2dBi로 삽입하지 않은 방향으로 지향성 특성을 나타낸다. 그림 18에서는 슬릿을 삽입하지 않은 방향인 우측 30°에서 최대 이득 값이 나타나고 슬릿을 삽입하지 않은 방향과의 이득 편차는 약 1.5dBi로 슬릿을 삽입함으로써 방사패턴에 변화와 방향성이 조절되었음을 알 수 있다. 따라서 기본안테나 구조에 슬릿을 삽입하여 안테나 구조를 달리함으로써 슬릿을 삽입한 반대 방향으로 1.5~2dBi 정도의 지향성 이득을 갖는다.

그림 19로부터 슬릿의 유무나 슬릿의 위치에 관계없이 일정한 대역폭 특성을 나타냄을 알 수 있다. 위의 결과들로부터 디스크 섹터 안테나의 방사체 부분에 사각형 모양의 슬릿을 삽입하는 위치를 변화시키면 안테나의 주빔이 방사되는 방향을 조절 할 수 있고 이때 안테나의 대역폭 특성에는 변화가 거의 없다. 이와 같은 특성을 이용하면 다양한 종류의 UWB 통신 단말기들의 용도에 맞도록 안테나 주 빔의 방향을 조절 할 수 있는 안테나의 설계가 가능하다.

4. 결론

본 논문에서는 UWB 대역에서 동작하는 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고, 제작하였다. 안테나의 입력 임피던스와 급전선로의 특성 임피던스 간의 정합은 안테나 설계 파라미터인 디스크 섹터의 반지름 r_1 과 디스크 섹터의 중심각 Θ_0 접지면의 가로길이 g_1 , 변형시킨 접지면의 모서리 부분의 길이 y_1 을 조절하여 UWB 대역인 3.1~10.6GHz에서 50 Ω 이 되도록 결정하였다. 안테나의 방사패턴을 조절하기 위해 디스크 섹터의 호 부분에 사각형 슬릿을 삽입하였다. 사각형 슬릿을 삽입한 위치에 따라 안테나의 방사패턴이 달라짐을 확인하였고 이때의 대역폭은 거의 변화가 없었다. 사각형 슬릿을 표면 전류의 세기가 강하지 않은 위치에 전류의 방향을 따라 삽입하였기 때문에 안테나의 임피던스에는 거의 영향을 주지 않은 것이다. 설계한 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 실제 제작하여 특성을 확인하고 Anritsu사의 벡터 회로망 분석기를 사용하여 반사손실 값과 안테나의 대역폭을 측정하였다. 그 결과 제작된 안테나의 크기는 72mm×26mm이고 대역폭은 1.98~11GHz이다. 제작한 안테나의 반사손실과 이득특성은 3.5GHz에서 -50.38dB, 1.34dBi와 5.5GHz에서 -12.27dB, 3.35 dBi, 8GHz에서 -23.2dB, 3.8dBi 그리고 10GHz에서 -16.17dB, 5.2dBi를 갖는다. 안테나의 방사패턴은 각 주파수 대역에서 E-면의 $\Phi = 0^\circ$ 와 $\Phi = 180^\circ$ 인 부근에서 널 값으로 최소 방사각이 일어나고, H-면의 $\Theta = 0^\circ$ 에서 주빔이 방사하고 있다. 그리고 3.5GHz에서 8GHz까지는 좌우 8자 형태를 나타내고 10GHz 대역에서는 위상이 틀어져 있어 부분적으로 조금 차이가 있지만 유사한 방사패턴을 나타내고 있다. 본 논문에서 제안한 안테나는 UWB 대역폭에서 반사손실이 -10dB 이하이고 주파수에 따라 일정한 방사패턴 특성을 가지므로 UWB용 안테나로 적합하다.

참고 문헌

[1] 송형규, 유영환, 박현진, "UWB 무선 통신 기술", 한국통신학회지, 제19권 제5호, pp. 121-135, May 2002.
 [2] 이성수, 조상인, "UWB 네트워크기술과 표준화", 한국통신학회지, 제20권 제2호, pp. 68-76, Feb. 2003.
 [3] 조병록, 문희, "UWB 응용분야", 한국전자과학회지, 제13권 제3호, pp. 83-94, July 2002.
 [4] 이영훈, "UWB 안테나 기술", 한국통신학회지, 제20권 제2호, pp. 22-30, Feb. 2003.

[5] Wen-Chung Liu and Chuan-Chien Huang, "A CPW-fed L-shaped Slot Planar Monopole Antenna for Tripleband Operations", Microwave and Optical Technology Letters, vol.44, no.6, March 2005.
 [6] Seong H. Lee, Jong K. Park and Jung N. Lee, "A Novel CPW-fed Ultra-wide Band Antenna Design", Microwave and Optical Technology Letters, vol.44, no.5, pp. 393-396, March 2005.
 [7] Seong-Youp Suh, W. Stutzman, W. Davis, A. Waltho, and J. Schiffer, "A Novel CPW-fed Disc Antenna", Antenna and Propagation Society Symposium IEEE, vol.3, pp. 2919-2922, June 2004.
 [8] M. A. Peyrot-solis, H. Jardon-aguilar, "Ultra-wideband Planar Monopole Antenna for Operation in the 3-20 GHz Band", Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Ecology, 2005. IEEE 6th International Symposium, vol.6, pp. 97-100, June 2005.

임 정 현(Jung-Hyun Lim)

[준회원]



- 2005년 8월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 대학원 석사과정

<관심분야>
RF 회로 및 RFID, 안테나

이 민 수(Min-Soo Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 통신공학과 교수

<관심분야>
위성통신시스템, RFID, 초고주파 회로설계

양 두 영(Doo-Yeong Yang)

[정회원]



- 1984년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
- 1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1992년 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 교수

- 2001년 1월 ~ 2002년 8월 : 유타주립대학교 연구교수

<관심분야>

RF 회로 및 RFID, 이동통신, 위성통신