



## EZNEC Software를 이용한 디지털 TV 수신용 루프 안테나 설계 및 제작

Loop Antenna Design for Digital TV Reception using EZNEC Software

글쓴이 : 동양미래대학교 무선정보통신전공 방지훈

지도교수 : 동양미래대학교 유태훈

### Introduction

본 안테나 설계 제작 매뉴얼은 도선형 안테나의 모델링과 설계에 강점을 지닌 안테나 해석 툴 중 하나인 EZNEC를 사용하여, 실생활에서 직접 제작하여 사용할 수 있도록 집안에서 흔히 볼 수 있는 옷걸이를 이용해 디지털 TV 수신용 안테나를 설계하고 제작하는 방법에 대해 소개한다.

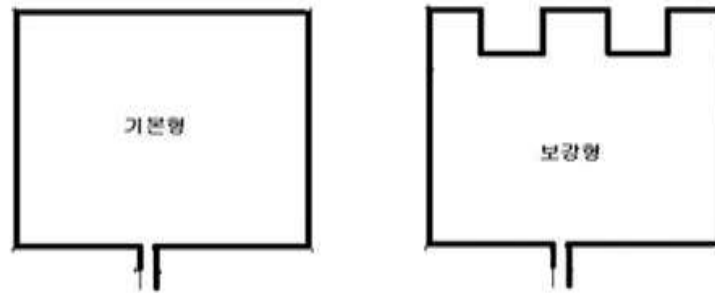
EZNEC 안테나 해석 툴은 MoM 해석 방식을 기반으로 도선형 안테나를 모델링하고 해석하기 위해 개발된 초창기 프로그램이다. 이 시뮬레이션 툴의 특징으로는 프로그램 구성이 간단하여 사용하기 쉽고 가격이 저렴하다는 점을 들 수 있다. 현재는 EZNEC보다 뛰어난 전자기장(EM) 시뮬레이션 툴이 많이 나와 있지만 간단한 도선형 안테나를 해석하는 데는 EZNEC으로도 충분하다. EZNEC의 능력을 확인할 수 있도록 최첨단 EM 시뮬레이션 툴인 FEKO와 비교하여 소개한다.

### Why EZNEC?

도선형 안테나는 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 형태의 안테나로, FM 방송을 위한 다이폴 안테나와 Digital TV 수신을 위한 루프 안테나를 그 예로 들 수 있다. 이렇게 간단한 형태의 도선형 안테나를 해석할 때는 굳이 고가의 안테나 시뮬레이션 툴을 사용하여 해석할 필요는 없다. 일반인이나 비전문가도 프리웨어인 EZNEC 데모 버전만으로 일상생활에서 널리 사용되는 루프 안테나의 특성을 충분히 확인할 수 있기 때문이다.

## 1. Antenna Design method

옷걸이 안테나는 [그림 1]의 기본형에서 출발하여 보강형, 원형, 다이아몬드형 등의 여러 변형된 형태가 존재한다. 도선을 정사각형, 직사각형, 삼각형 및 원형으로 감아 만든 형태의 안테나는 모두 루프 안테나에 속한다. 일반적으로, 안테나의 길이를 결정짓는 것은 '파장'이다. 파장은 주파수에 따라 달라진다. 따라서 안테나의 길이에 따라 안테나가 동작하는 주파수가 결정된다. 즉 **주파수를 알면 파장을 알고, 파장을 알면 안테나의 길이를 알 수 있다**. 루프 안테나의 길이는 보통 한 파장으로 한다. 따라서 특정 주파수에서 동작하는 루프 안테나를 만들기 위해서는 그 주파수에 대한 한 파장의 값을 계산한 다음 이 값을 루프의 길이로 하면 된다.



[그림 1] HDTV 옷걸이 안테나의 모형

## ■ 디지털 TV 주파수 대역 확인

루프 안테나 설계의 핵심은 루프 길이를 계산하는 것이다. 특정 주파수(HDTV 수신 주파수 대역)에서 동작하는 안테나를 설계해야 하므로 먼저 어떤 주파수에서 동작하는 안테나를 만들 것인지 고려해야 한다.

한국 지상파 디지털방송 추진 협회(DTV KOREA) 웹사이트에 접속하면 [그림 2]와 같이 특정 지역에서 송신 가능한 주파수를 표시해준다. 대표적으로 2개의 송신소가 표시되며, 일반적으로 더 가까운 송신소에서 송출하는 채널에 맞춰준다.

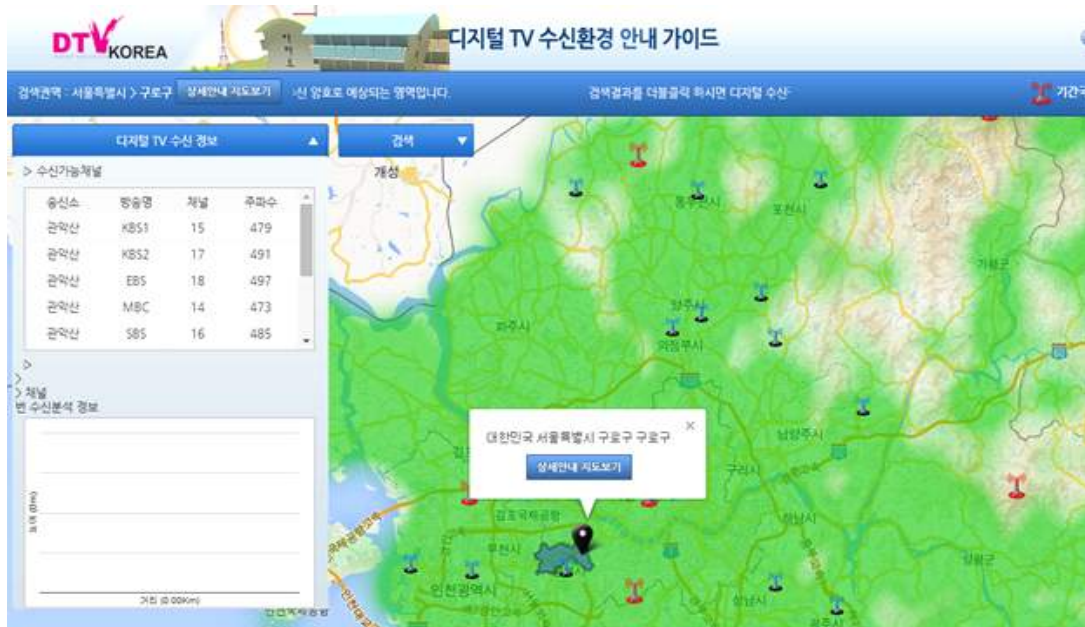


[그림2] DTV KOREA '지상파 디지털 방송 수신 안내' 서비스

(출처: [http://www.dtvkorea.org/?page\\_id=205](http://www.dtvkorea.org/?page_id=205))

본 매뉴얼에서는 서울시 구로구 고척동(관악산 송신소)에서 신호를 받아 동작하는 DTV안테나를 제작하는 것으로 한다. 관악산 송신소는 채널 14~18의 주파수 대역을 포함하므로 주파수 470-500 MHz에서 동작(반사손실 -5 dB 이상)하는 안테나를 설계해야 한다. 즉 이것이 설계목표이다.

DTV KOREA 홈페이지의 '디지털 TV 수신환경 안내 가이드' 메뉴에서는 지도와 연동하여 해당 지역의 채널과 주파수까지 상세히 표시하고 있다.



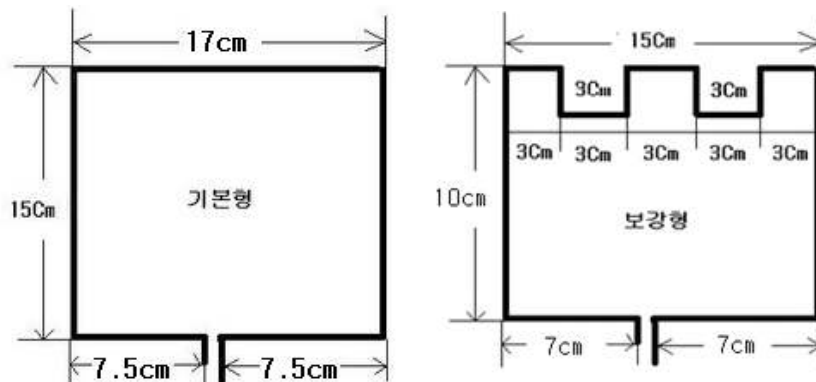
[그림 3] DTV KOREA '디지털 TV 수신환경 안내' 서비스  
(출처: <http://dtvguide.kbs.co.kr:8080/dtvkorea/dtvmap.jsp>)

## ■ 안테나의 길이(파장) 계산

루프 안테나의 경우 '둘레길이 = 한 파장(lambda)'으로 계산하여 설계한다. 따라서 설계 목표인 470 ~ 500 MHz의 중심 주파수인 485 MHz를 기준으로 파장을 계산한다.

$$\text{파장}(\lambda) = \frac{v}{f} = \frac{C}{f} = \frac{3 \times 10^8 [\text{m/s}]}{485 \times 10^6 [1/\text{s}]} = 61.9 \text{ cm}$$

계산 결과는 485 MHz가 공기 중에서 한 파장이 61.9 cm라는 것을 의미한다. 둘레길이가 한 파장이 되어야 하므로 루프의 변을 모두 합쳐 61.9 cm(약 62 cm)가 되도록 한다. **설계 과정을 마치면 본격적으로 시뮬레이션 툴을 사용하여 특성을 살펴본다.**



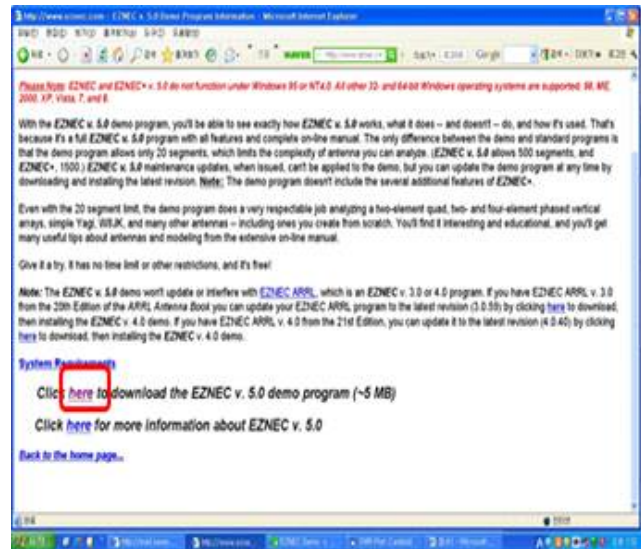
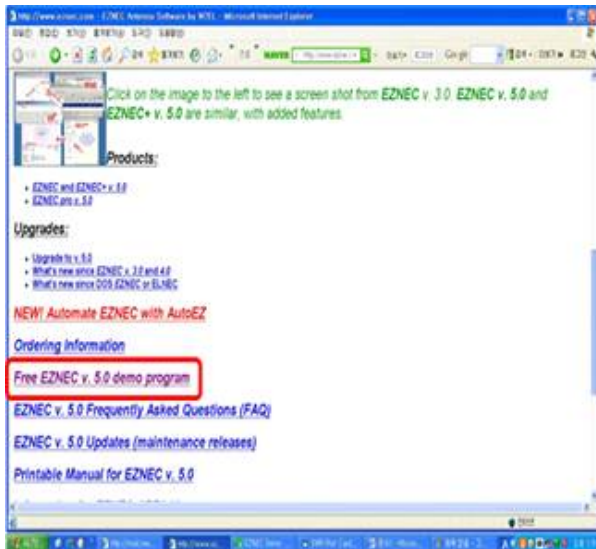
[그림 4] 485 MHz 기준으로 계산한 한 파장 루프 안테나 길이

## 2. Simulation(using EZNEC Antenna software)

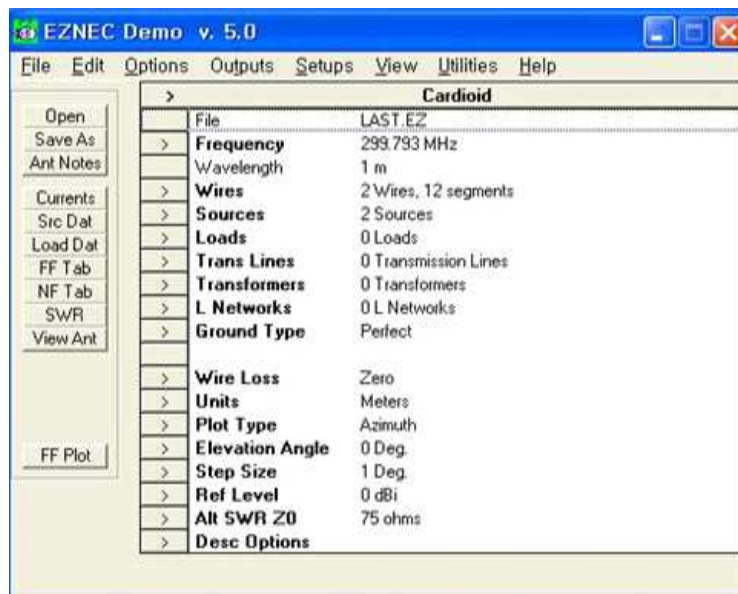
### ■ EZNEC Demo 설치

[<http://www.EZNEC.com> 접속] ▶ [free EZNEC v5.0 demo 항목 클릭]  
▶ ['here' 버튼 클릭] ▶ [다운로드]

✓ 프리웨어로 이용하기 위해 v5.0 데모 버전으로 설치한다.



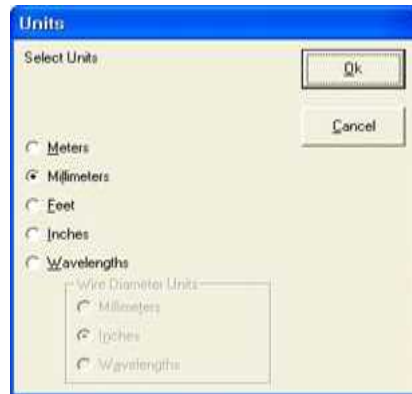
설치가 완료되면 아래와 같은 기본 화면이 나타난다. 설치가 정상적으로 이루어졌다면 본격적으로 둘레길 이 61.9 cm를 갖는 루프를 만들어보자.



## ■ 단위 설정

[기본 화면] ▶ [Units] ▶ [Millimeters] ▶ [OK]

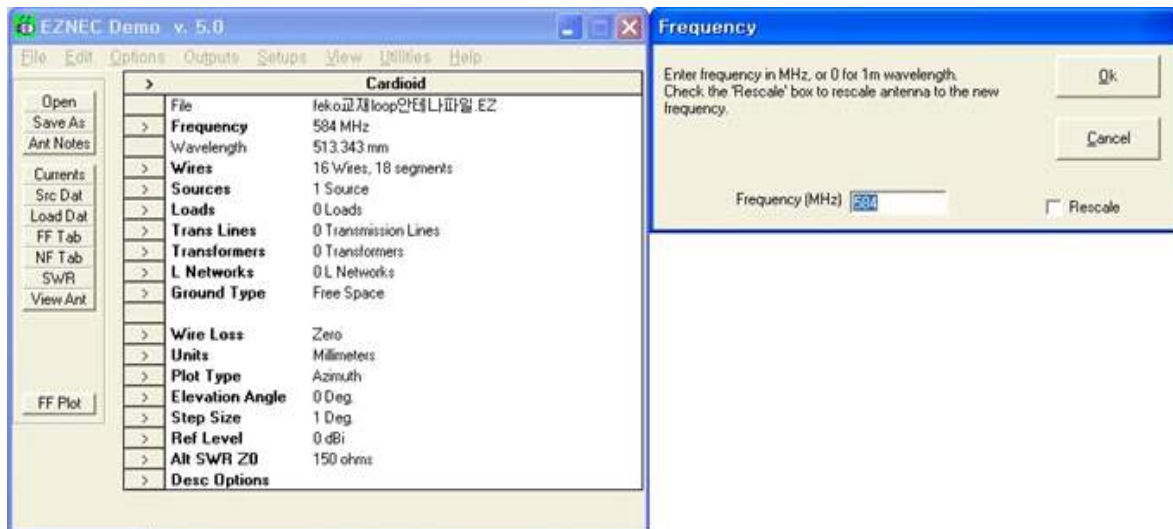
단위를 설정해주는 과정이다. 단위별로 호환이 되지 않기 때문에 보통 안테나를 디자인하기 전에 설정해 주어야 안테나 길이가 잘못 설계되는 일을 막을 수 있다.



## ■ 주파수 설정

[기본 화면] ▶ [frequency] ▶ [485 MHz 입력] ▶ [OK]

안테나 해석에 필요한 주파수를 설정하는 과정으로, 중앙 주파수를 의미한다.



## ■ 안테나 디자인

[기본화면] ▶ [Wires] ▶ [스프레드시트에 입력] ▶ [OK]

시뮬레이션 툴에서 안테나를 디자인하는 과정으로 3D 전자파 해석 툴과 달리 2차원 스프레드 시트에 각 소자의 좌표를 입력해주어야 한다. 도선을 이용하여 X-Y-Z축에서 좌표를 계산하여 루프를 그려준다. 원점

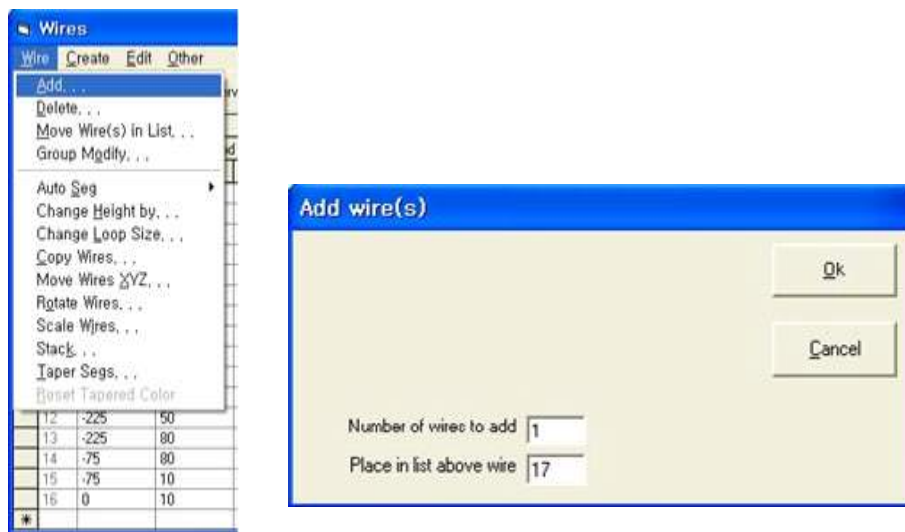
에서부터 출발해야 안테나를 쉽게 그릴 수 있다.

### (1) 선의 개수 추가하기

[기본화면] ▶ [Wires] ▶ [Wire] ▶ [Add] ▶ [OK]

먼저 Wires 항목을 열면 한 개 내지 두 개의 소자만 생성 되어 있을 것이다. 도선 여러 개를 이어서 루프 안테나를 디자인해야 하므로 선의 개수를 추가해주어야 한다.

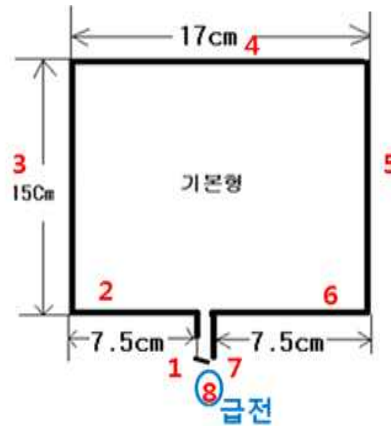
- Number of wires to add : 추가할 선의 개수를 지정 (기본형 8개, 변형 16개)
- Place in list above wire : 추가되는 선의 번호를 지정



아래 그림과 같이 제작할 **기본형 루프 안테나**는 급전부까지 총 8개의 도선이 필요하다.

Wires												
Wire Create Edit Other												
<input type="checkbox"/> Coord Entry Mode <input type="checkbox"/> Preserve Connections <input checked="" type="checkbox"/> Show Wire Insulation												
No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Insulation	
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Conn	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Conn			Die C	Thk (mm)
1	0	0	0	W8E2	0	-30	0	W2E1	0.242	1	1	0
2	0	-30	0	W1E2	75	-30	0	W3E1	0.242	2	1	0
3	75	-30	0	W2E2	75	-180	0	W4E1	0.242	3	1	0
4	75	-180	0	W3E2	-95	-180	0	W5E1	0.242	3	1	0
5	-95	-180	0	W4E2	-95	-30	0	W6E1	0.242	3	1	0
6	-95	-30	0	W5E2	-20	-30	0	W7E1	0.242	2	1	0
7	-20	-30	0	W6E2	-20	0	0	W8E1	0.242	1	1	0
8	-20	0	0	W7E2	0	0	0	W1E1	0.242	1	1	0

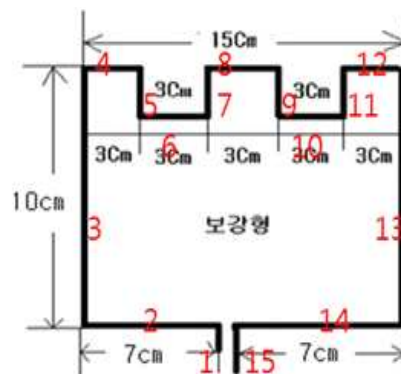
기본화면 좌측 탭에 'View Antenna' 항목을 클릭하여 좌표를 입력할 때마다 그려지는 안테나의 형태를 계속해서 확인할 수 있다.



기본형과 동일한 방법으로 변형 루프 안테나는 급전부까지 총 16개의 도선이 필요하다.

Wires												
Wire Create Edit Other												
<input type="checkbox"/> Coord Entry Mode <input type="checkbox"/> Preserve Connections <input checked="" type="checkbox"/> Show Wire Insulation												
No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Insulation	
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Conn	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Conn			Diel C	Thk (mm)
3	-70	20	0	W2E2	-70	120	0	W4E1	2	2	1	0
4	-70	120	0	W3E2	-40	120	0	W5E1	2	1	1	0
5	-40	120	0	W4E2	-40	90	0	W6E1	2	1	1	0
6	-40	90	0	W5E2	-10	90	0	W7E1	2	1	1	0
7	-10	90	0	W6E2	-10	120	0	W8E1	2	1	1	0
8	-10	120	0	W7E2	20	120	0	W9E1	2	1	1	0
9	20	120	0	W8E2	20	90	0	W10E1	2	1	1	0
10	20	90	0	W9E2	50	90	0	W11E1	2	1	1	0
11	50	90	0	W10E2	50	120	0	W12E1	2	1	1	0
12	50	120	0	W11E2	80	120	0	W13E1	2	1	1	0
13	80	120	0	W12E2	80	20	0	W14E1	2	2	1	0
14	80	20	0	W13E2	10	20	0	W15E1	2	1	1	0
15	10	20	0	W14E2	10	0	0	W16E1	2	1	1	0
16	10	0	0	W15E2	0	0	0	W1E1	2	1	1	0

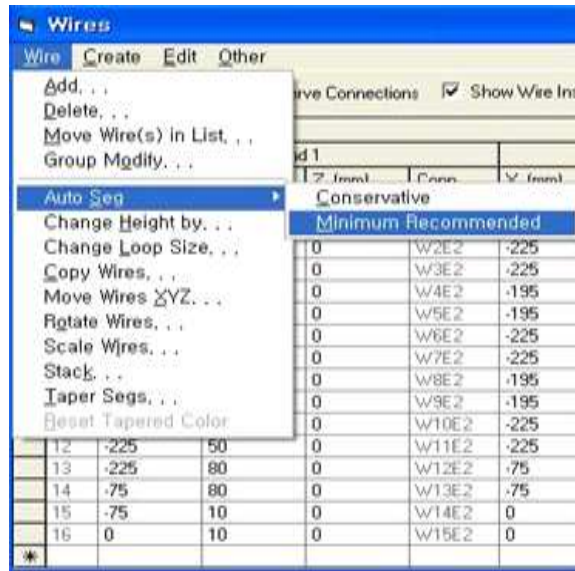
그려진 순서는 다음과 같다. 16번은 1번과 15번을 연결하는 포트(Port)가 되는 도선이다.



## (2) 세그먼트 수 지정(최소화)

[기본화면] ▶ [Wires] ▶ [Wire] ▶ [Auto Seg] ▶ [Minimum Recommended]

우리가 사용하는 데모 버전의 경우 최대 사용 가능한 세그먼트의 수가 20개로 한정되어 있다. 세그먼트의 개수를 최소한으로 지정해주어야 한다.



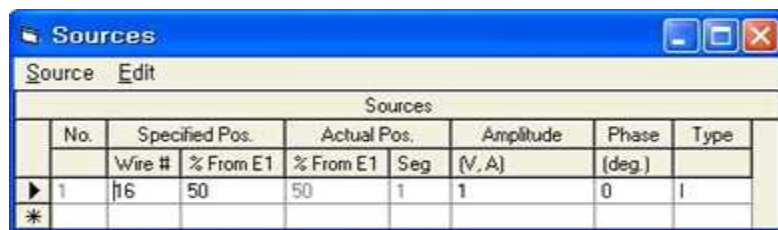
제작하려는 기본형 또는 변형 DTV 루프 안테나의 경우, 선의 개수만 8~16개이므로 SEGMENT를 1개씩만 지정해도 최대 16개가 된다. 따라서 세그먼트 수를 최소화시켜주는 과정이 필요하다. 물론 직접 입력하여 세그먼트를 할당하는 것도 가능하다.

## ■ 급전(Source)

[기본화면] ▶ [sources] ▶ [Wire# 입력] ▶ [%From E1 입력]

하나의 선을 급전 소스로 지정하는 과정이다. 하나의 선이 Port가 된다고 생각하면 이해하기 쉽다.

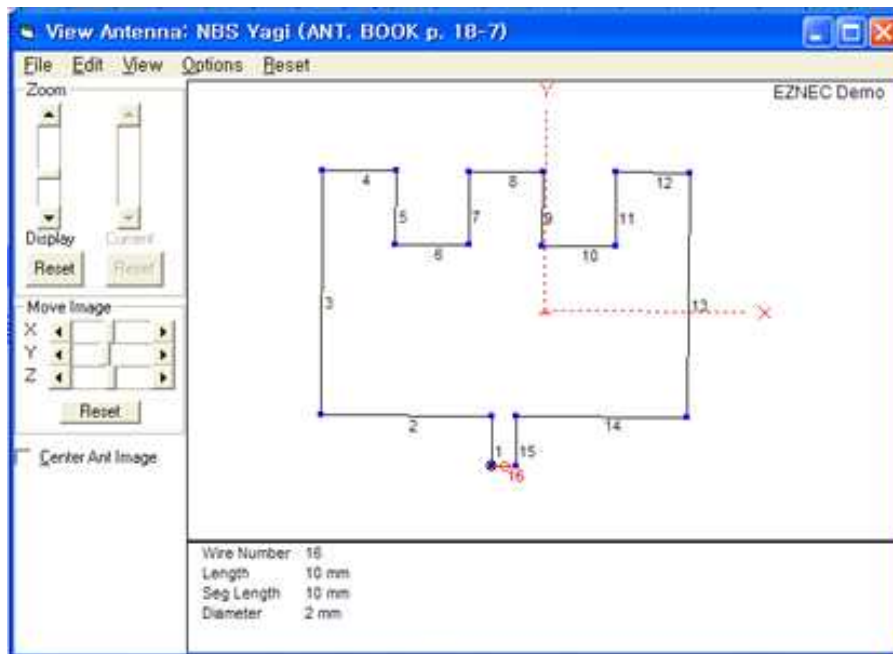
- Wire# : 소스가 되는 선의 번호를 입력 (\*기본형 : 8번, \*변형 : 16번)
- %From E1 : 그 선의 몇 %가 되는 지점에서 공급할 것인지 결정 = 50%



## ■ 안테나 보기

[기본화면] ▶ [View Antenna]

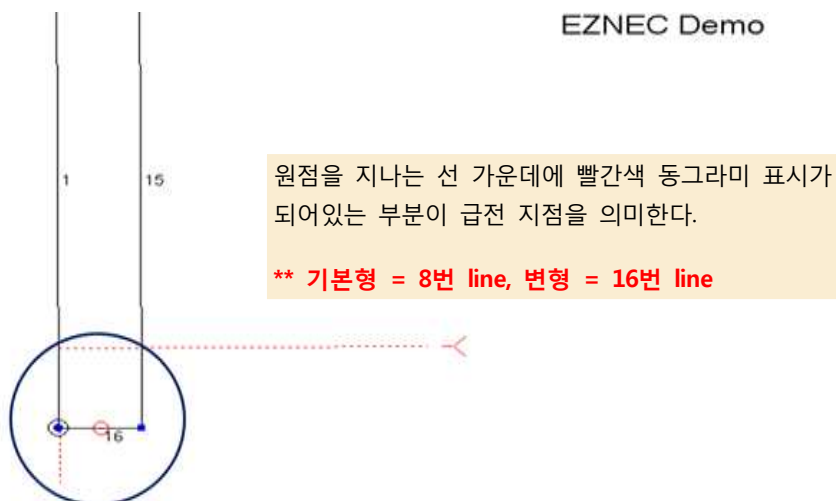
'Wire' 항목에서 제작한 안테나의 형태를 X-Y-Z축상에서 보여준다.



## (1) 급전부 확인

[기본화면] ▶ [View Antenna]

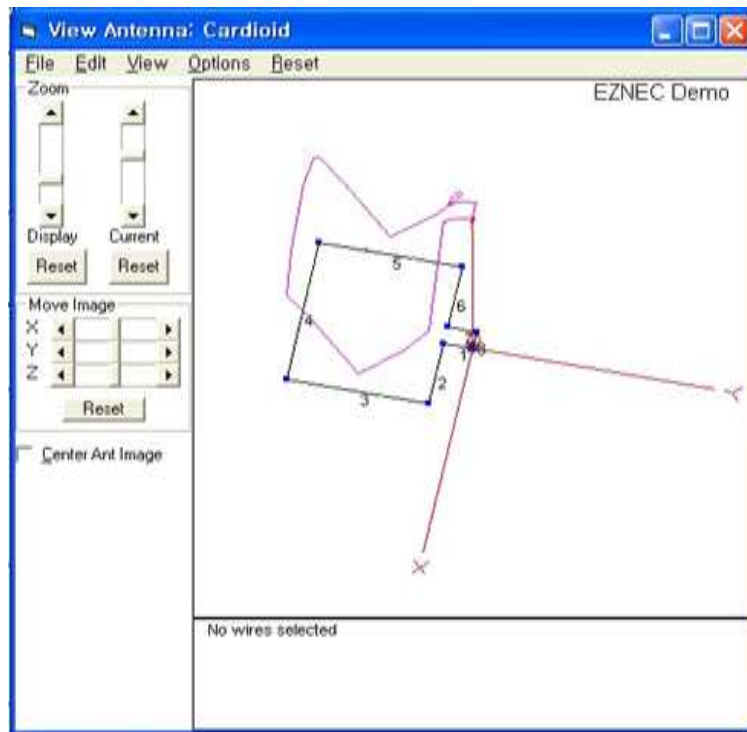
‘급전’ 항목에서 지정한 급전(Source)이 잘 적용됐는지 확인하는 과정이다.



## (2) 전류 분포 확인

[기본화면] ▶ [Current] 실행 ▶ [Antenna View] ▶ [Current Tab 조절]

안테나 소자에서 부분 부분마다의 전류 분포를 확인하는 과정이다.



## ■ 접지 종류 선택

[기본화면] ▶ [Ground Type]

접지 종류를 선택하는 과정이다. 자유공간, 완전도체, 실제접지 중 해당되는 항목을 선택한다. 여기서는 '자유공간(free space)'으로 설정한다.



그외에 항목들.Default 값으로 놓아도 무방!!

### ■ 부하 설정(Load)

안테나에 부하가 달린 경우, 특정 위치에 해당 부하의 임피던스 값을 설정한다.

### ■ 전송선로 연결(Transmission Line)

안테나에 전송선로를 연결하는 경우, 해당 전송선로의 위치와 길이, 특성 임피던스, 손실값을 지정한다.

### ■ 손실 설정(Wire loss)

미리 정의되어 있는 물질이나 손실이 없는 완전 도체 중에 하나를 선택하거나 사용자가 임의로 생성 가능하다.

여기까지의 과정이 끝나면 시뮬레이션에서 모델링이 완료되며, EZNEC v5.0 Demo에서는 안테나에 대한 Parameter 중 VSWR, 전류분포, 2차원 방사패턴을 얻을 수 있다. 반사손실인 Return Loss [dB]를 따로 보여주는 그래프는 없지만 VSWR 그래프의 아래 데이터 영역에 환산되어 표시된다.

## ■ Solution Frequency 설정 및 해석 시작

[기본화면] ▶ [SWR] ▶ [SWR sweep Parameters]

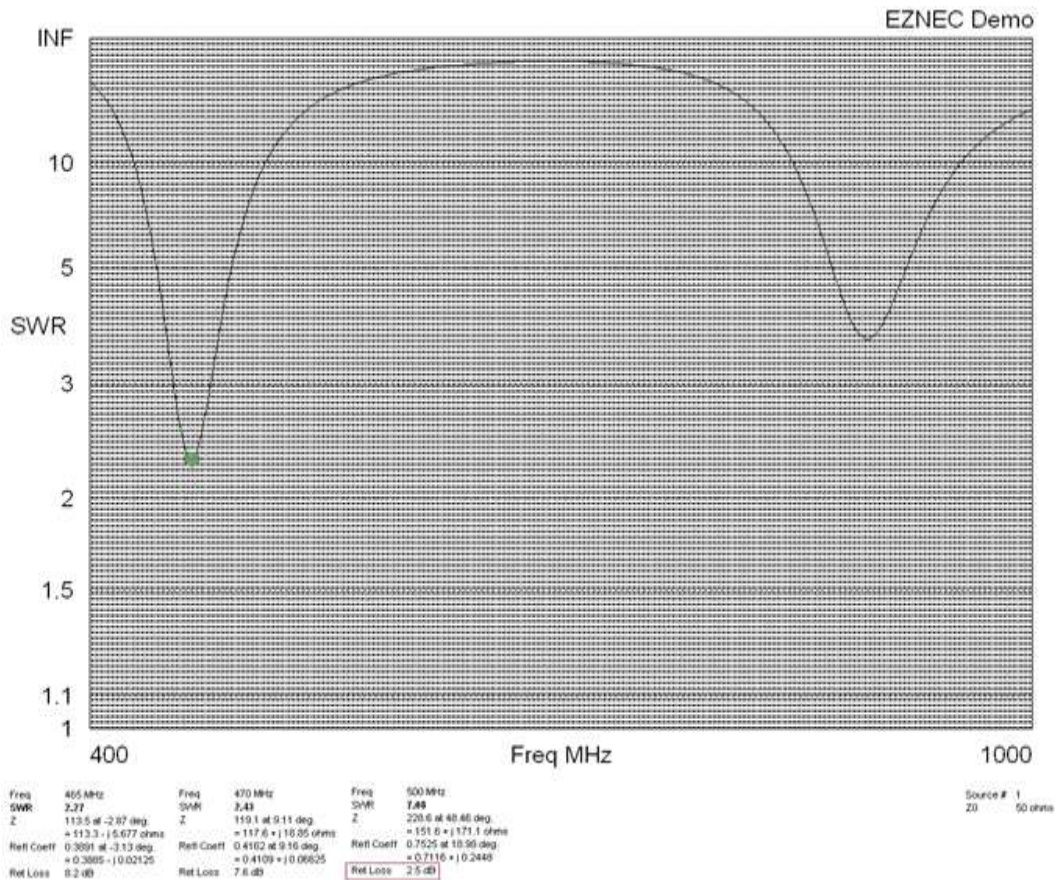
VSWR 데이터를 보기 위해 해석 주파수 범위를 설정한다. Run 버튼을 클릭하면 설정된 주파수에 따른 VSWR 값을 그래프로 표시해준다. VSWR 차트의 값을 환산하여 반사계수(S11)를 알 수 있으며, 반사계수(반사손실) 그래프를 보면 제작한 안테나가 어떤 주파수에서 잘 동작하는지 알 수 있다.



## 4. Simulation Data

### ■ SWR plot

(1) 기본형(input impedance = 50 ohm, diameter = 0.2 mm)



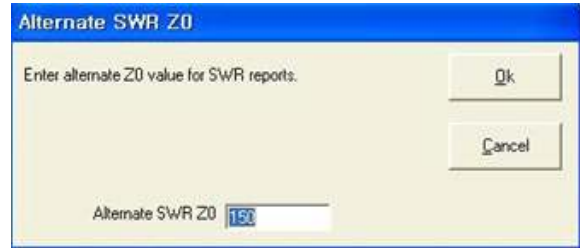
지금까지의 과정을 통해 안테나를 모델링했다면 위와 같은 SWR 그래프(혹은 반사계수) 데이터를 얻을 수 있을 것이다. 반사손실이 최대가 되는 동작 주파수 지점인 465 MHz에서 반사손실은 -8.2 dB이며, 동작 대역폭 470 ~ 500 MHz에서 반사손실이 -7.6 ~ -2.5 dB로 나타난다. 동작 주파수는 465 MHz로 설계 시 고려했던 485 MHz에서 20 MHz 정도의 오차를 보이며, -5 dB 대역폭 또한 20 MHz 정도 낮은 쪽으로 이동했다.

또한 데이터를 확인해보면, 반사손실이 최대가 되는 동작 주파수에서 반사손실이 -8.2 dB(약 85% 전달) 정도밖에 나오지 않는 그저 그런 특성을 보인다. 반사손실이 더욱 좋은 특성을 가지기 위해서는 루프 안테나의 입력 임피던스를 이해해야 한다. 한 파장 루프 안테나의 경우 통상적으로 안테나의 입력 임피던스가 150 Ohm이므로 선로의 특성 임피던스 50 Ohm과 일치하지 않게 되어 신호가 안테나에서 모두 방사되지 못하고 일부 또는 대부분이 반사된다. 안테나의 입력 임피던스와 전송 선로의 특성 임피던스의 정합을 위해서는 별도의 정합 회로 혹은 밸런(Balun)을 설치해야 하며, 시뮬레이션에서는 선로의 특성 임피던스(Z0)를 150 Ohm으로 임의로 변경하여 정합이 이루어졌을 때의 특성을 확인할 수 있다.

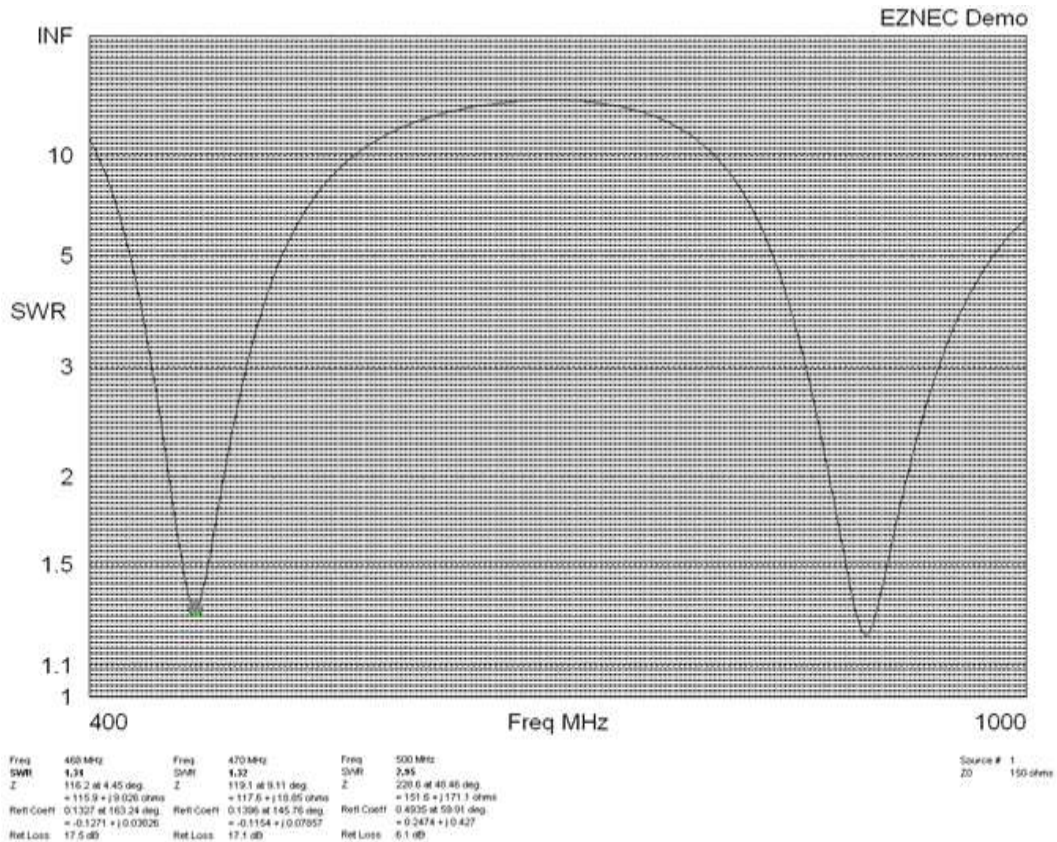
그렇지만 이렇게 했다고 해서 데이터로서 가치가 전혀 없는 것은 아니다. 우리의 목적은 DTV 수신용 안테나를 제작하는 것이므로 반사손실로 -5dB 이상만 확보하면 Digital TV의 신호를 수신하는 데 큰 문제는 없기 때문이다.

- 전송 선로의 특성 임피던스 값 변경

[기본화면] ▶ [Alt SWR Z0]



## (2) 기본형 ( $Z_0 = 150 \text{ ohm}$ , diameter = 0.2 mm)

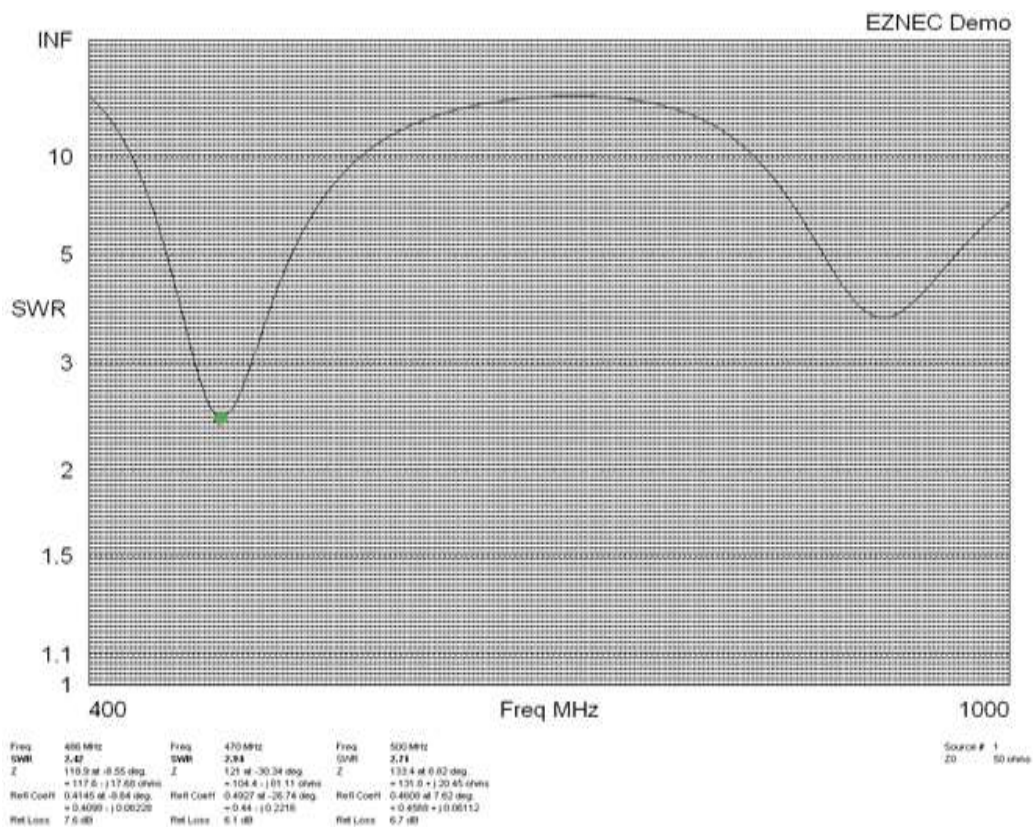


특성 임피던스를 150 ohm으로 설정한 경우 반사손실이 최대가 되는 동작 주파수에서 반사손실이 -17.5 dB이 되어 확연히 특성이 좋아짐을 확인할 수 있다. 이는 안테나의 입력 임피던스가 50 ohm보다 150 ohm에 가깝다는 것을 의미한다. 임피던스 정합회로를 설치했다면 이 정도의 반사손실을 얻을 수 있었을 것이다. 주파수 대역은 이전 단계와 차이가 없으며, 주파수는 안테나의 길이와 연관이 있으므로 안테나의 길이를 조절하여 동작 주파수 대역의 오차만큼 높은 주파수대의 방향으로 이동시켜야 한다.

주파수가 오차를 보이는 이유는 앞에서 루프 안테나를 설계할 때 둘레길이를 정확하게 한 파장으로 해주었지만 실제로는 약간 한 파장보다 약간 긴 길이( $l = 1.09 \text{ lambda}$ )에서 동작하고, 도선 지름(wire diameter)이 동작 주파수 대역에 영향을 끼치기 때문이다. 일반적으로 도선 지름이 굵어질수록 동작 주파수가 높은 쪽으로 이동하는 경향을 보인다. 반대로 지름이 얇아질수록 동작 주파수 대역은 낮은 쪽으로 이동하는 경향을 보인다. 앞선 시뮬레이션 디자인 단계에서는 도선의 지름을 0.2 mm 지정하였다. 설계하려는 루프 안테나는 옷걸이의 지름을 고려해주어야 한다. 사용하는 옷걸이의 지름은 2 mm이므로 Wires 항목에서 diameter란에 입력해준 후 데이터를 다시 확인해야 한다. 따라서 어떤 도선을 사용하는가에 따라 어떤 경우에는 한 파장보다 조금 길게 혹은 짧게 튜닝 작업을 통해 동작 주파수 대역을 맞춰나가야 할 것이다.

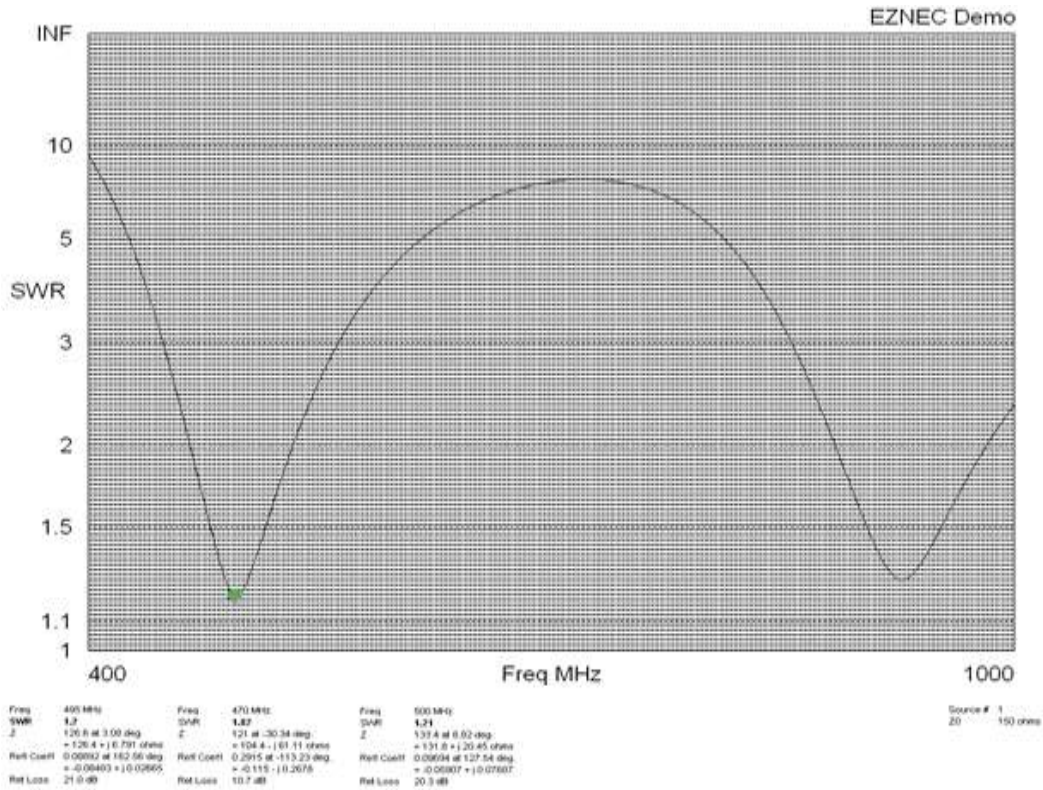
Wires													
Wire Create Edit Other													
<input type="checkbox"/> Coord Entry Mode <input type="checkbox"/> Preserve Connections <input checked="" type="checkbox"/> Show Wire Insulation													
No.	End 1				End 2				Diameter	Segs	Insulation		
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Conn	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Conn			Diel C	Thk (mm)	
1	0	0	0	W8E2	0	-30	0	W2E1	2	1	1	0	
2	0	-30	0	W1E2	75	-30	0	W3E1	2	2	1	0	
3	75	-30	0	W2E2	75	-180	0	W4E1	2	3	1	0	
4	75	-180	0	W3E2	-95	-180	0	W5E1	2	3	1	0	
5	-95	-180	0	W4E2	-95	-30	0	W6E1	2	3	1	0	
6	-95	-30	0	W5E2	-20	-30	0	W7E1	2	2	1	0	
7	-20	-30	0	W6E2	-20	0	0	W8E1	2	1	1	0	
8	-20	0	0	W7E2	0	0	0	W1E1	2	1	1	0	

### (3) 기본형 ( $Z_0 = 50 \text{ ohm}$ , diameter = 2 mm)



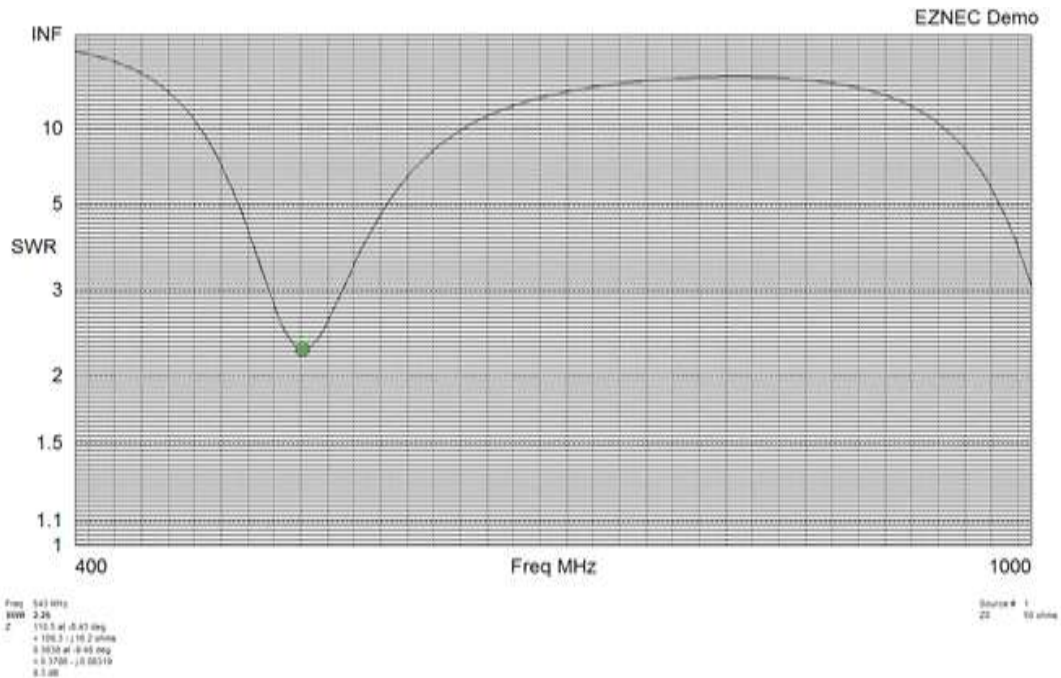
위 그림은 지름이 2 mm일 때의 둘레길이 62 cm를 갖는 기본형 루프 안테나의 VSWR 그래프를 나타낸다. 중심주파수 486 MHz에서 반사계수 -7.6 dB, 원하는 대역폭 470 ~ 500 MHz에서 -6.1 ~ -6.7 dB로 별도의 임피던스 정합회로는 없지만 DTV를 수신하는 용도로는 문제가 없음을 보인다. 하지만 반사에 의한 손실을 줄이기 위해 정합을 시킨 경우를 보려면 마찬가지로 특성 임피던스를 150 ohm으로 설정하고 결과를 봐야 할 것이다.

(4) 기본형( $Z_0 = 150 \text{ ohm}$ , diameter = 2 mm)



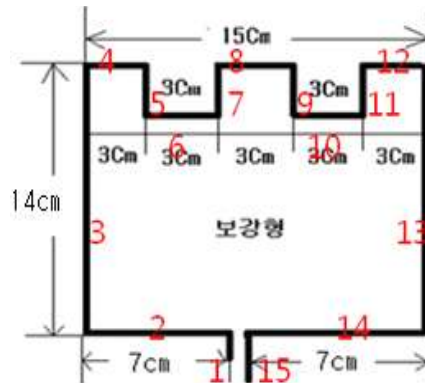
목표값에 가장 근접한 결과로 반사손실이 최대가 되는 동작 주파수는 495 MHz이며, 대역폭 470 ~ 500 MHz에서 반사계수가 -10.7 ~ 20.3 dB로 우수한 특성을 보인다. 실제로 이렇게 150 Ohm을 맞춰주려면 임피던스 정합회로를 삽입해야 한다.

(5) 변형(튜닝 전,  $Z_0 = 50 \text{ ohm}$ , diameter = 2mm)



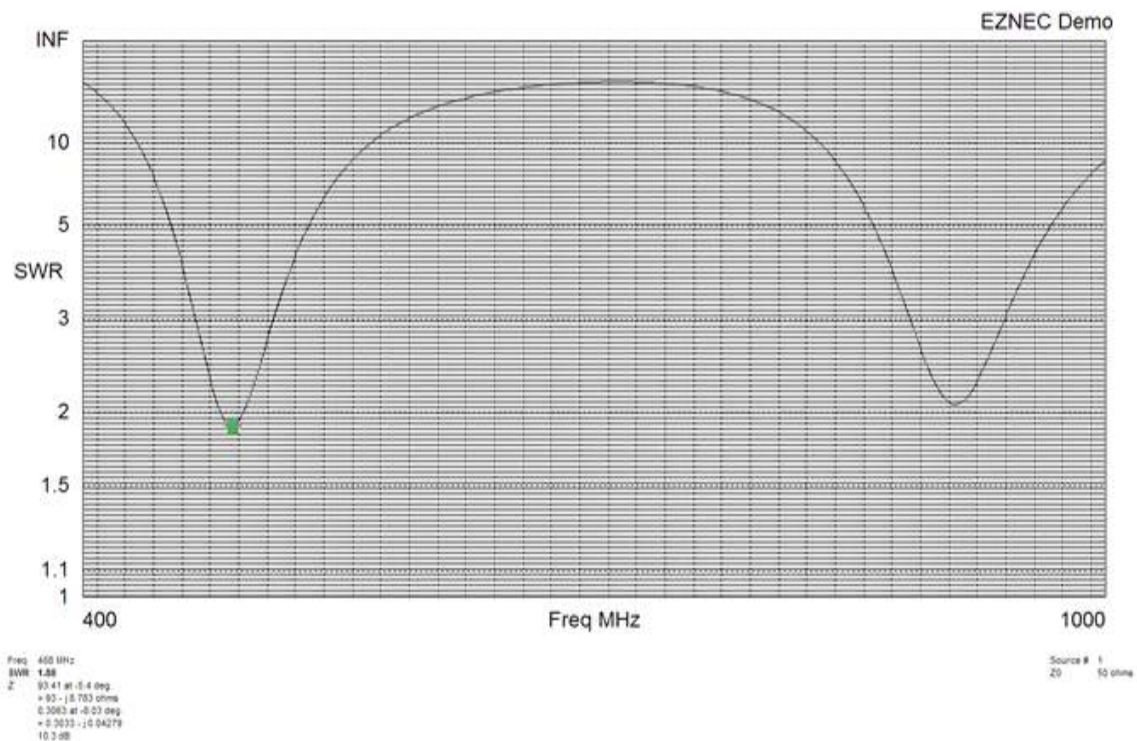
변형 루프 안테나의 경우 반사손실이 최대가 되는 동작 주파수가 543 MHz로 원하는 주파수 대역을 많이 벗어났다. 변형 루프의 경우 기본형 루프와 같은 방법으로 길이를 계산하면 이러한 오차가 생긴다. 오

차를 해결하기 위해 안테나의 크기(길이)와 주파수와의 관계를 고려하여 튜닝 작업을 실시하면 정확히 원하는 주파수에서 동작하는 변형 루프의 길이를 알아낼 수 있다. 일반적으로 안테나의 길이가 길어질수록 동작 주파수가 낮아지기 때문에 주파수 대역을 낮추기 위해서는 안테나의 길이를 조금씩 길게 하여 VSWR(혹은 S11) 차트를 확인해야 한다. 루프의 길이를 길게 하기 위해 3번 선과 13번 선의 길이를 10 mm씩 증가시켜 보았다. 그 결과, 기존에 설계했던 변형 루프 안테나의 길이보다 8 cm 증가 시 485 MHz부근에서 최대 반사손실 동작 주파수를 얻을 수 있었다.

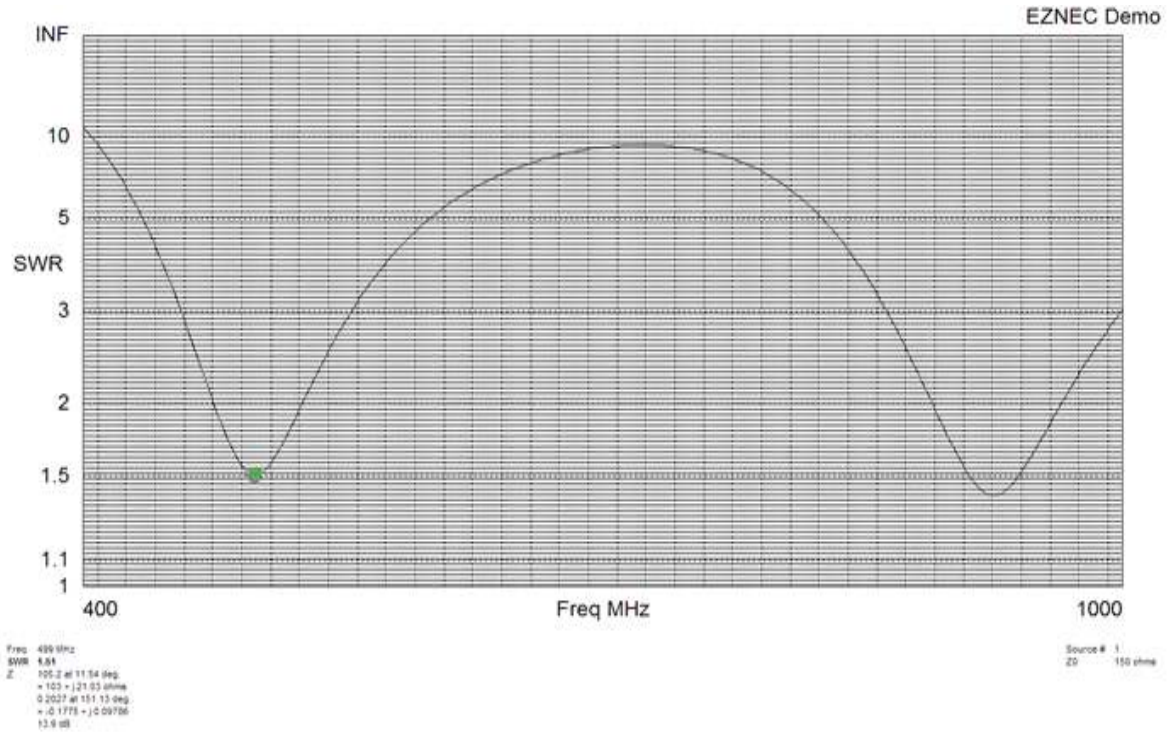


변형 루프 안테나의 경우 5, 7, 9, 11 소자에서 각각 전류가 흐르는 방향이 반대이므로 서로 상쇄되어 루프의 길이가 다소 길어져야 원하는 동작 주파수를 갖는 것으로 추측할 수 있다.

#### (6) 변형 (튜닝, $Z_0 = 50 \text{ ohm}$ , diameter = 2 mm)

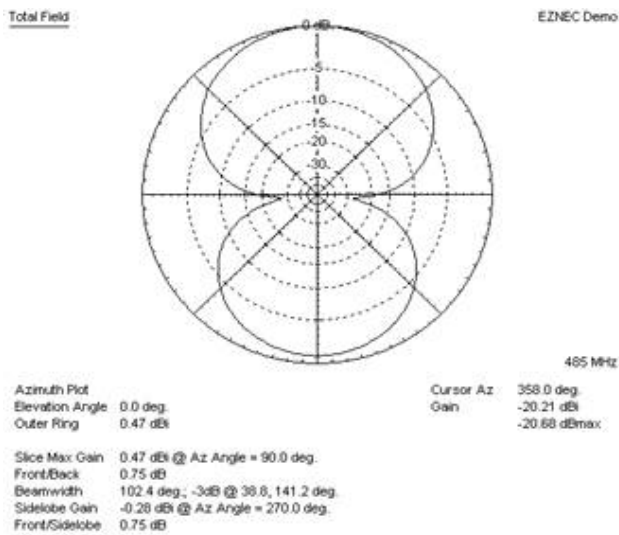


(7) 변형 (튜닝,  $Z_0 = 150\Omega$ , diameter = 2 mm)

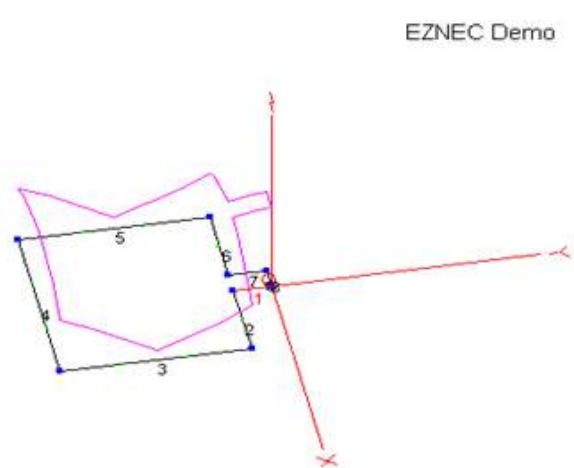


■ 2D Radiation field / current (@ f = 484 MHz)

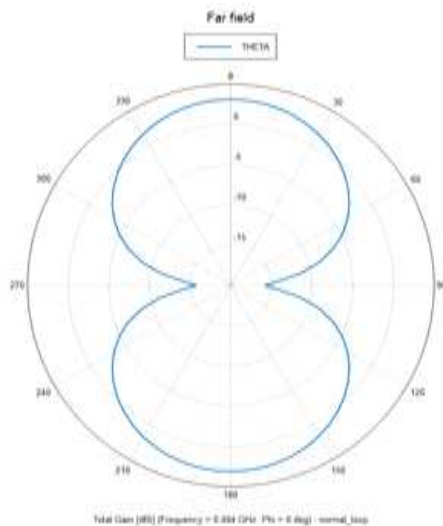
EZNEC DEMO 툴은 SWR plot 이외에 구조물(안테나)의 2차원 방사패턴과 전류분포를 보여준다. 최첨단 시뮬레이션 툴인 FEKO와 비교해도 시뮬레이션 결과에 손색이 없다.



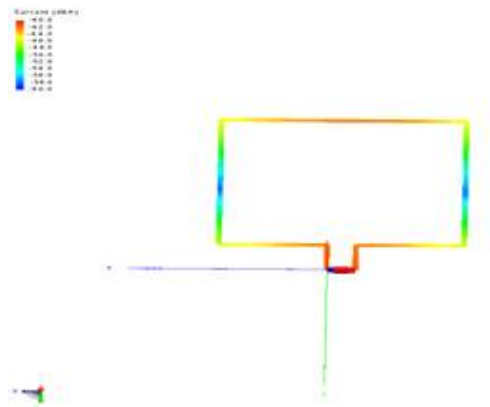
(a) 방사패턴 (EZNEC)



(b) 전류분포 (EZNEC)



(c) 방사패턴 (FEKO)



(d) 전류분포 (FEKO)

[그림 4] 루프 안테나의 방사패턴과 전류분포

## 5. Simulation (using **FEKO** simulation tool)

최첨단 전자파 시뮬레이션 툴인 FEKO 또한 도선형 구조물을 해석하는 데 상당한 강점을 지니고 있다. 여기에서는 EZNEC 데이터와의 비교하기 위해 사용되었지만, 실제 FEKO 툴은 강력한 전자파 시뮬레이션 툴이다. 직접 디자인하여 비교해볼 수 있도록 FEKO 툴에서 DTV 루프 안테나를 디자인하는 방법에 대해서도 기술하였다.

FEKO의 분석 방식은 다음과 같이 크게 세 단계로 나뉜다.



- **CAD FEKO** : 3차원 CAD에 구조물을 설계하는 과정이다. 직접 구조물을 제작할 수 있고 만들어진 구조물의 CAD File을 불러와 작업할 수 있다.
- **Solver** : CAD FEKO에서 제작된 구조물을 해석하는 과정이다.
- **POST FEKO** : 결과 데이터를 그래프로 보여주는 과정이다.

### ■ 단위 설정

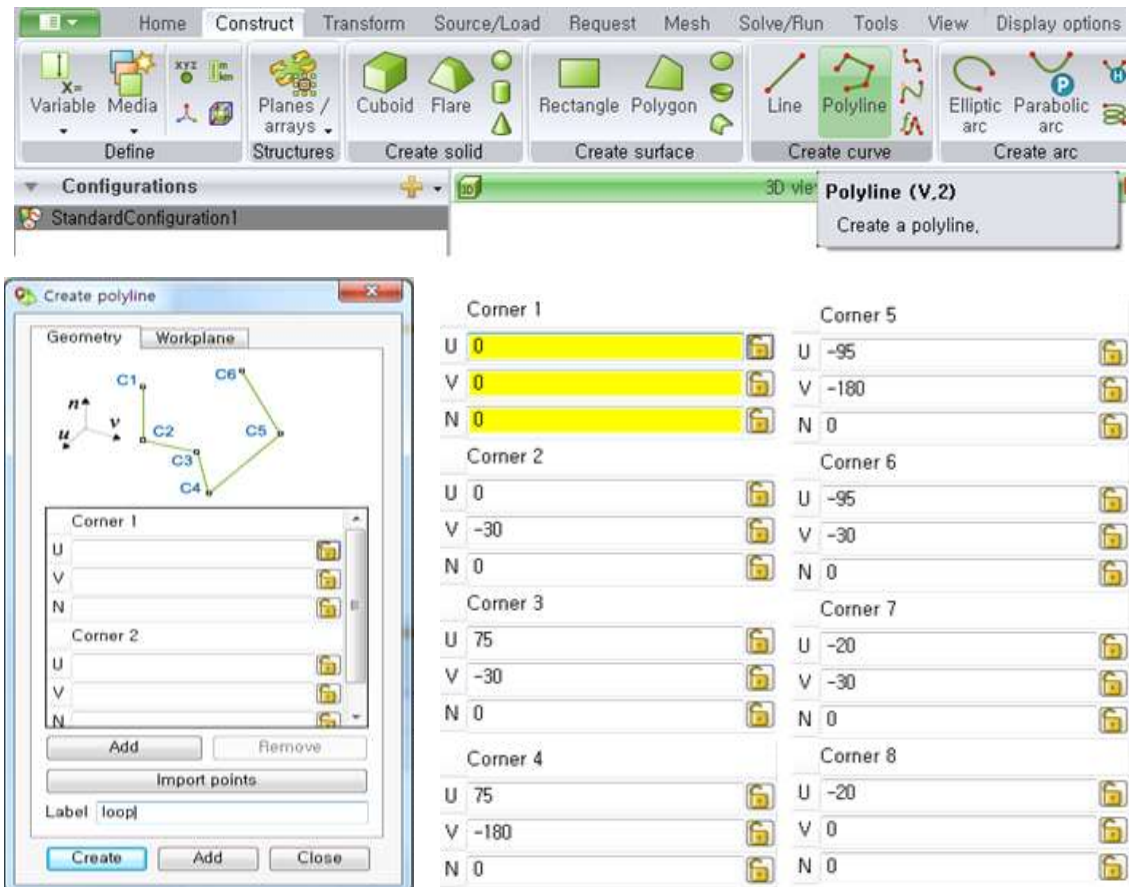
[기본화면] ▶ [우측 하단 클릭] ▶ [mm 설정] ▶ [OK]

디자인하기 전에 단위 설정을 확인해야 한다. 단위를 변경하여도 제작된 구조물의 길이는 환산이 되지 않기 때문에 처음에 정확하게 지정해주는 것이 좋다.

## ■ 루프 그리기

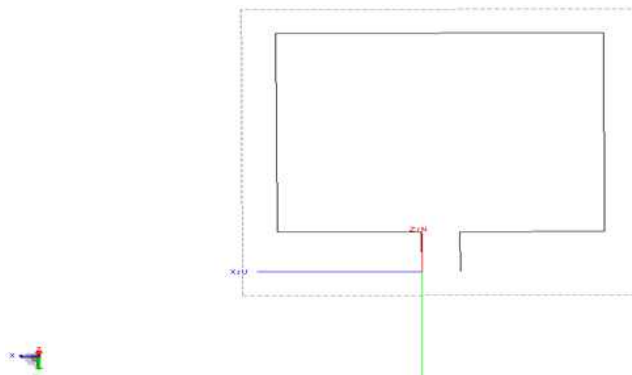
[기본 화면] ▶ [Construct] ▶ [Polyline] ▶ [클릭]

EZNEC의 Wires 항목에서 좌표를 입력하여 루프 안테나를 그린 방식과 동일하다고 보면 된다. FEKO는 3D view에서 직접 마우스로 구조체를 그릴 수 있다. [Control]과 [Shift]를 동시에 누르면 3D view에 포인트를 찍을 수 있다.



## ■ Antenna View

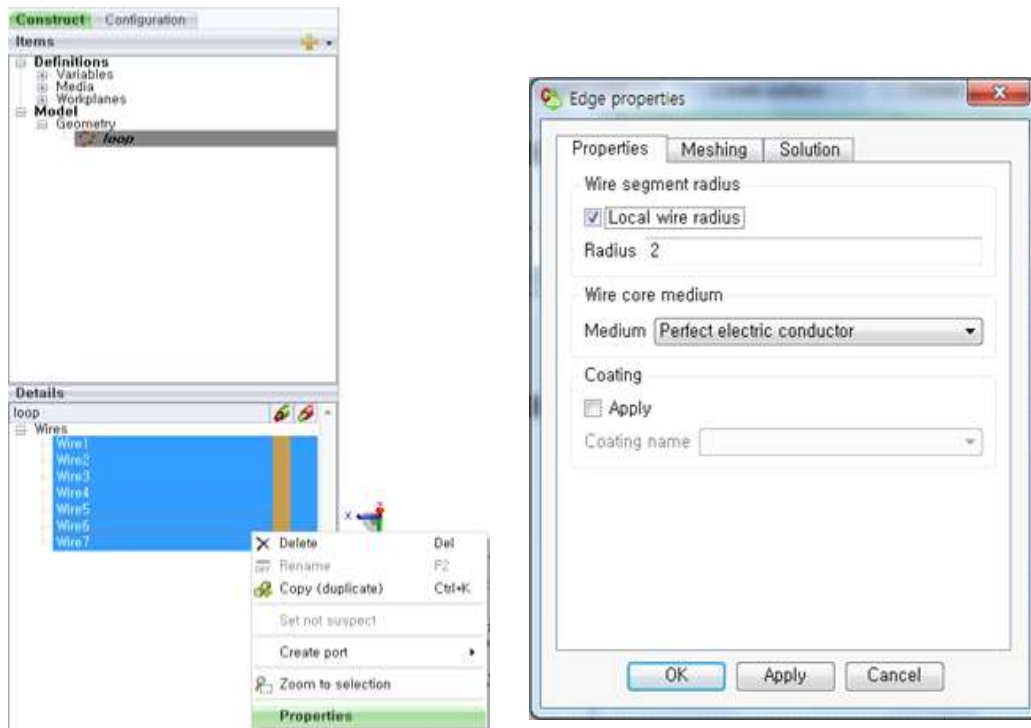
위와 같이 좌표대로 선(line)을 그리면 3D view에 그려진다. FEKO에서는 선(line)을 긋기만 해도 하나의 도선(Perfect E)처럼 인식하기 때문에 편리하다.



## ■ 도선 굵기 설정

[기본 화면] ▶ [Construct] ▶ [Model] ▶ [loop] ▶ [Details 항목]  
▶ [wires 우클릭] ▶ [Properties]

도선의 굵기를 설정해주는 과정으로, 여기에서는 옷걸이의 반지름(Radius)인 1 mm를 입력해준다.



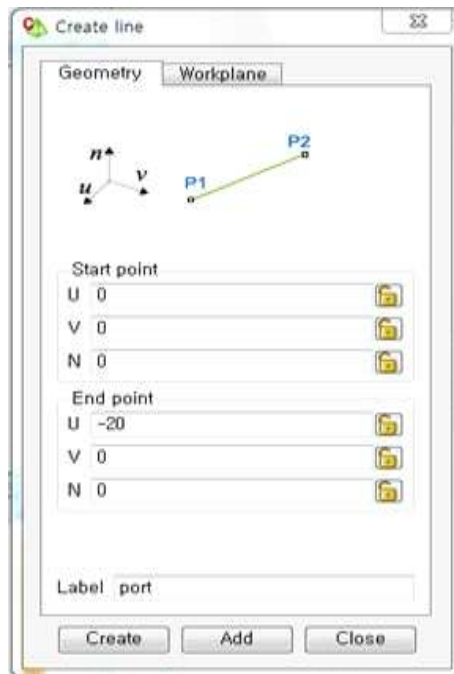
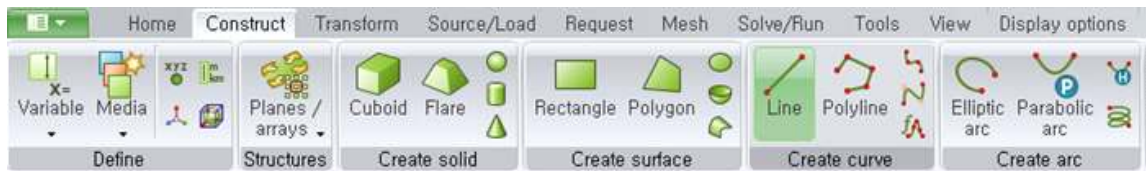
도선의 굵기 설정이 완료되면 아래와 같은 표시가 나타난다.



## ■ Source line 그리기

[기본 화면] ▶ [Construct] ▶ [Model] ▶ [loop] ▶ [Details 항목]  
▶ [wires 우클릭] ▶ [Properties]

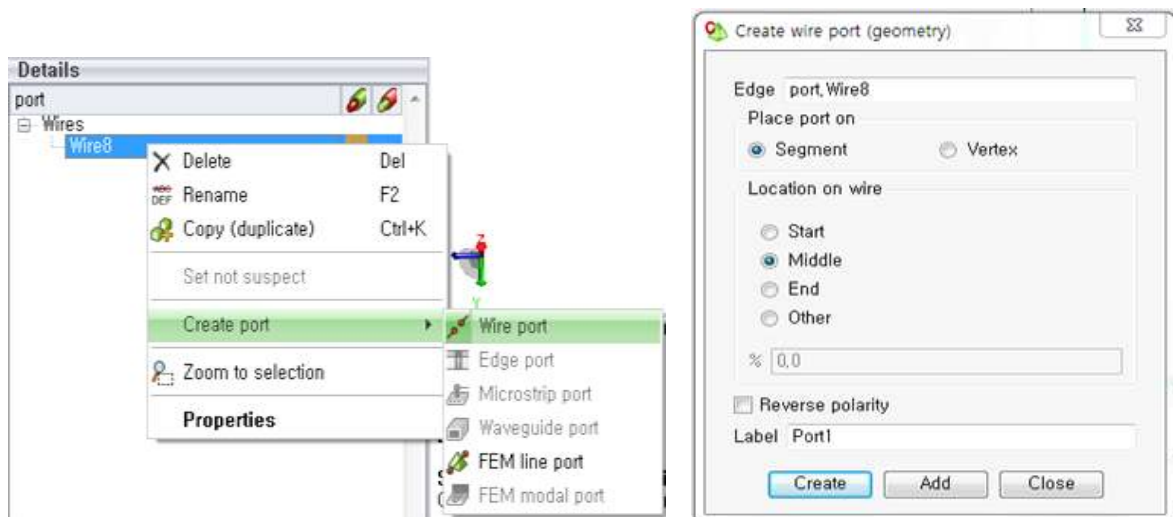
급전을 하기 전에 EZNEC에서처럼 Source line이 필요하다. 이는 Source line을 생성하는 과정이다.



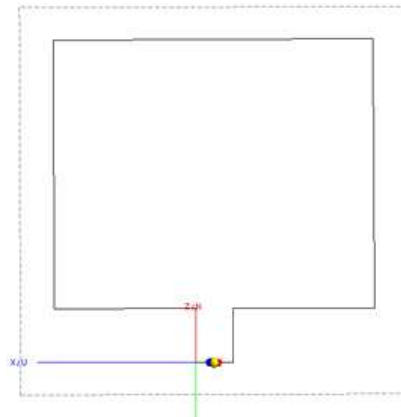
## ■ 포트 설정(wire port)

[Details 항목] ▶ [Source line 우클릭] ▶ [Create port] ▶ [Wire port]  
▶ [Middle] ▶ [Create]

앞에서 그린 Source line이 Port임을 인식하도록 설정하는 과정이다.

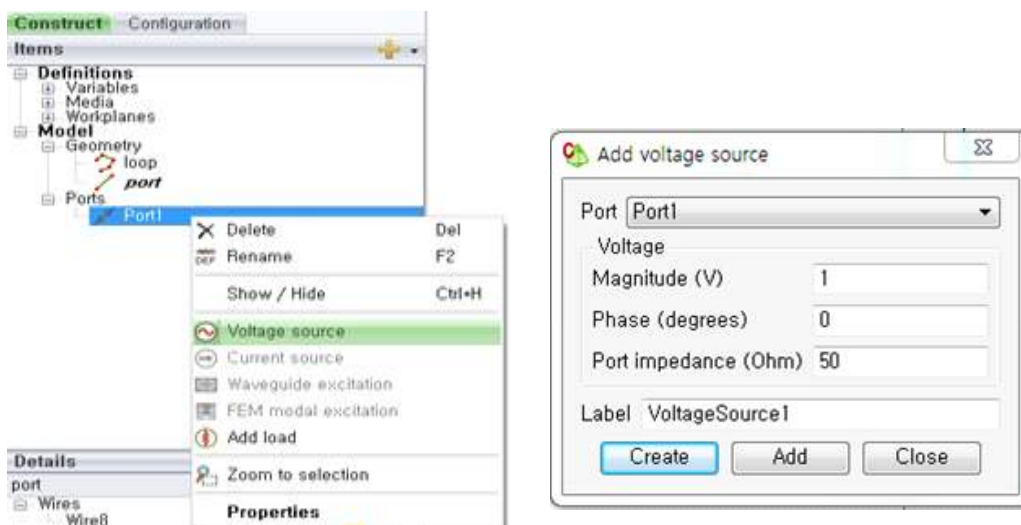


[Wire port]를 설정하고 나면 아래와 같이 Source line 중앙에 표시된다.



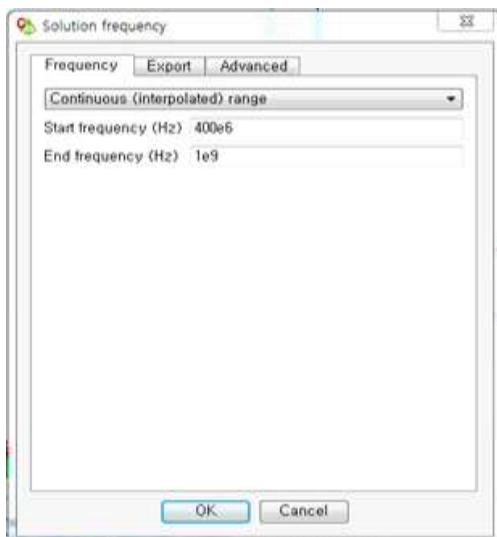
## ■ 급전

[기본화면] ▶ [Construct] ▶ [Model] ▶ [Ports] ▶ [Port1 우클릭] ▶ [Voltage source]



## ■ 해석 주파수 설정

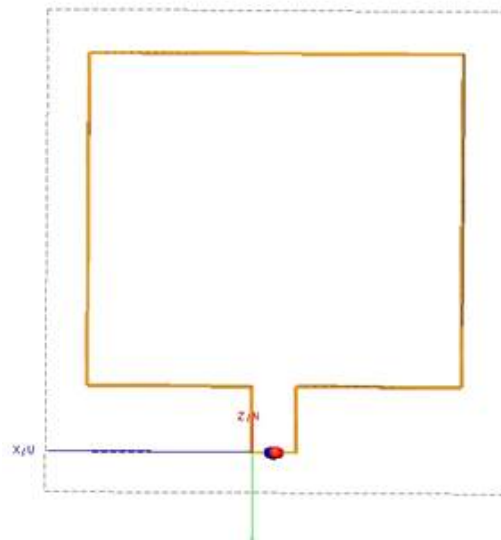
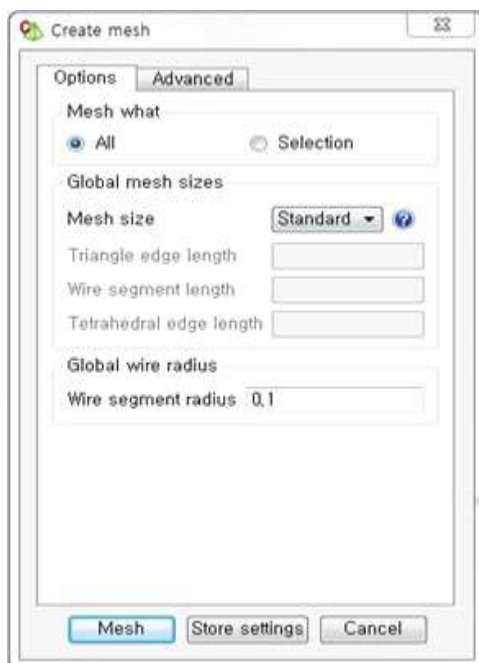
안테나를 해석할 주파수 범위를 설정하는 과정이다.



## ■ mesh 작성

[Home] ▶ [Create mesh] ▶ [mesh size 설정] ▶ [mesh]

FEKO가 루프 도선을 mesh로 분할하여 해석하기 위해 필요한 과정이다. Wire segment radius는 전체 도선의 지름을 설정하는 항목으로 제작한 옷걸이 안테나의 반지름을 1 mm로 입력해주면 Source line을 포함한 모든 도선의 반지름이 1 mm(즉 지름 2 mm)로 설정된다. Source line마저 1 mm로 지정될 필요는 없다. 그렇기 때문에 이전의 루프 그리기 단계에서 각 도선의 local radius를 1 mm로 지정해둔 것이다. 실제 존재하지 않는 가상의 포트용 Source line의 직경은 0.05 mm로 미세한 도선으로 지정해주었다. 메시를 설정하고 나면 이전에 설정했던 도선의 굵기까지 모두 적용되어 아래 오른쪽 그림과 같은 형태가 만들어진다.

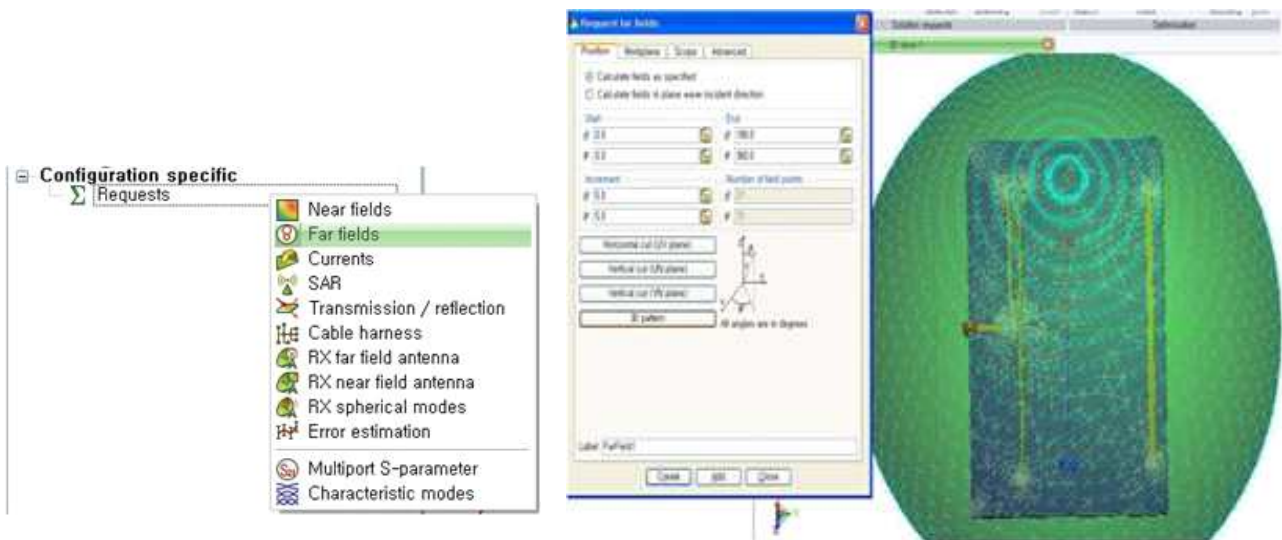


- ① Fine =  $\lambda/15$
- ② Standard =  $\lambda/10$
- ③ Course =  $\lambda/6$

## ■ farfield 설정

[Configuration] ▶ [Requests 우클릭] ▶ [Far fields] ▶ [3D pattern] ▶ [Create]

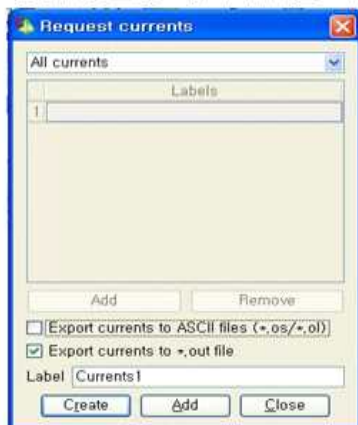
3D 방사패턴을 보기 위해 설정해주는 과정이다.



## ■ Current 설정

[Configuration] ► [Requests 우클릭] ► [Currents] ► [Create]

**current 설정 :**  
특정 영역이나 전체부분에서  
전류 분포를 해석해주는 과정



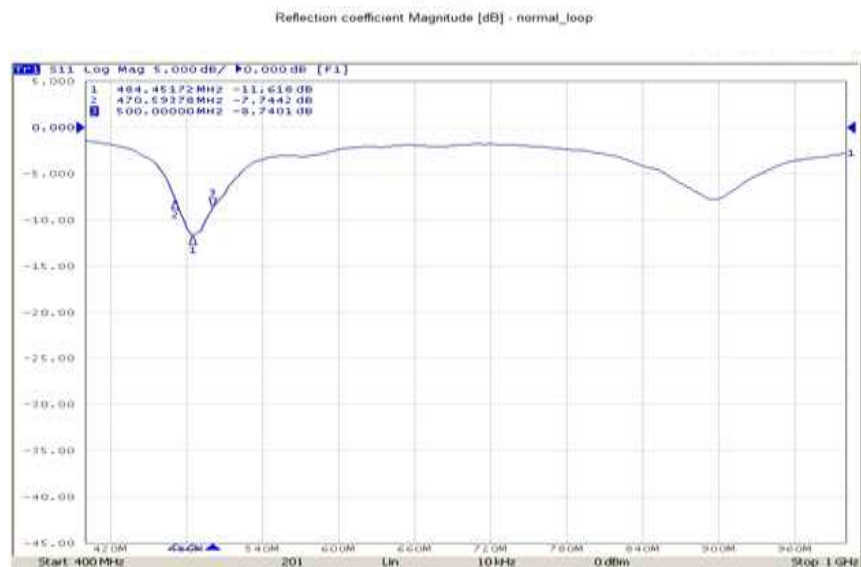
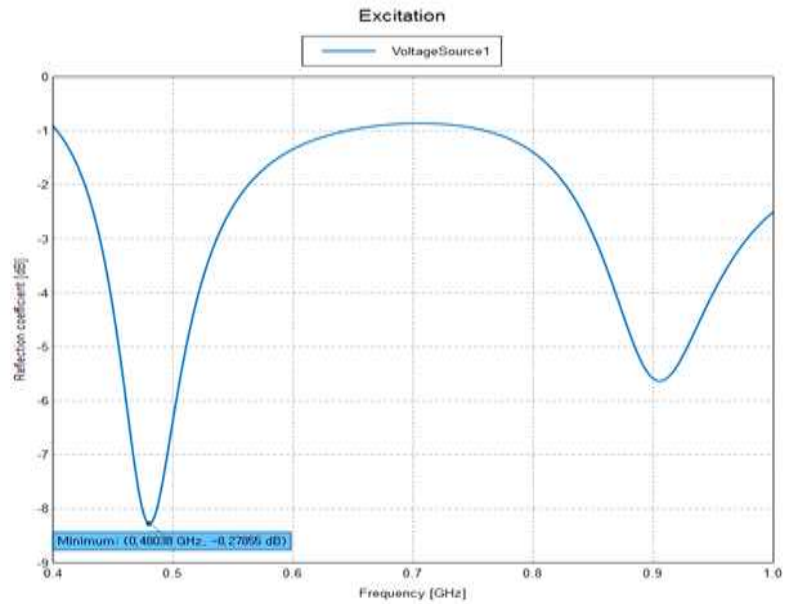
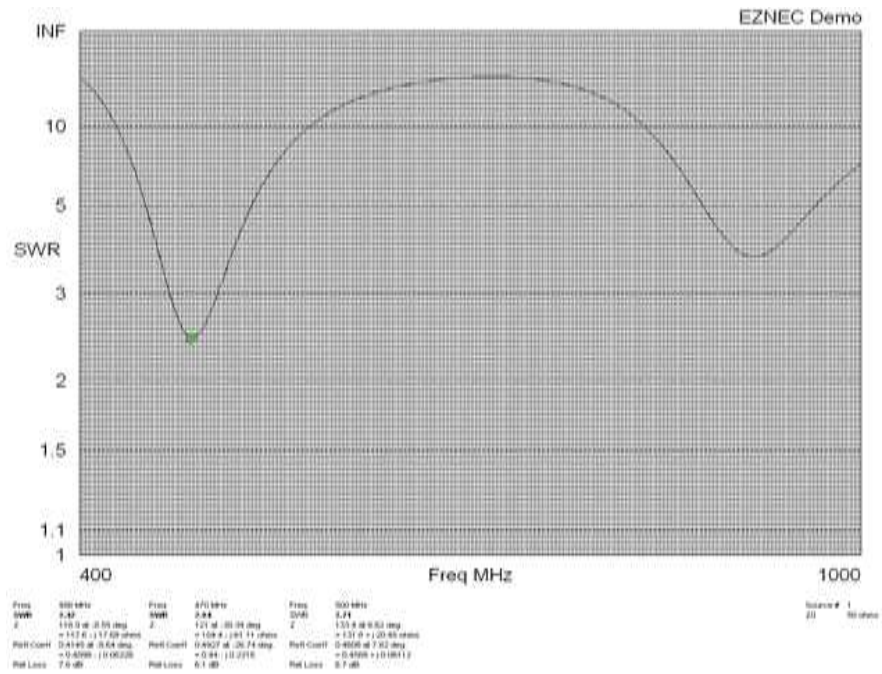
→ **Show/Hide** 기능을 이용하면  
Farfield와 nearfield로 인해 생성된  
모형을 안보이게 할 수 있다.

## ■ 해석 시작

해석이 시작되면 FEKO에서 모든 안테나 디자인 과정이 종료된다. POSTFEKO를 실행하여 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다.

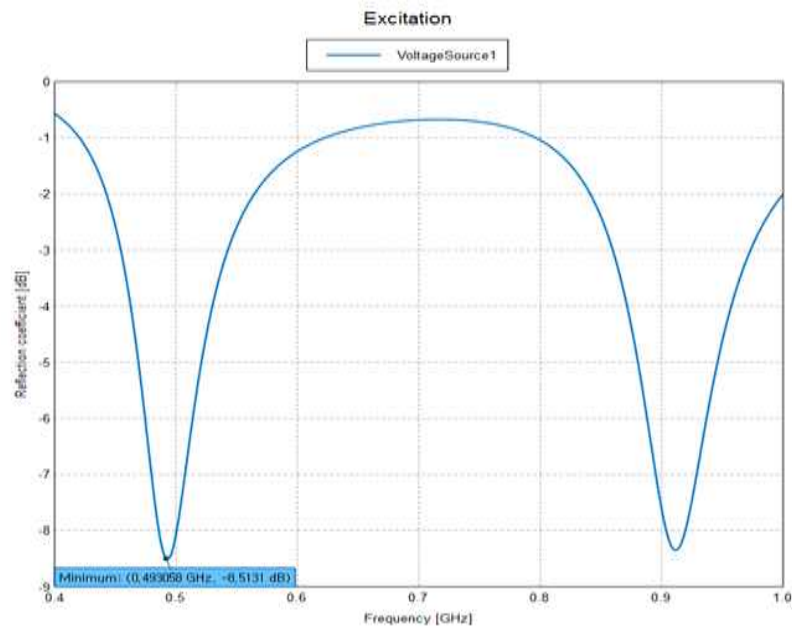
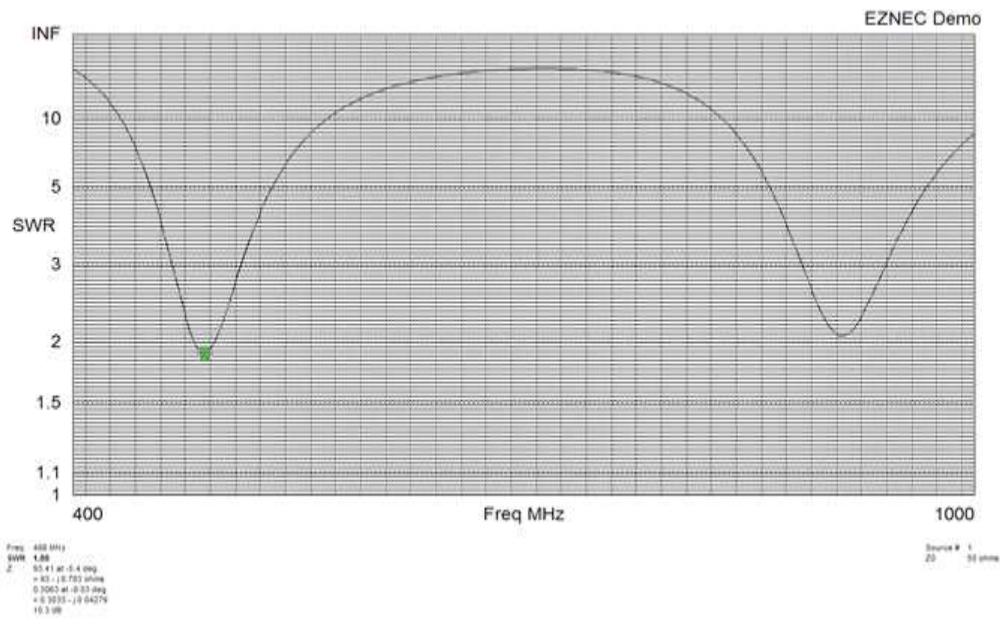
## 6. 측정 결과 비교

### ■ 기본형 (input impedance = 50ohm, diameter = 2mm)



✓ EZNEC, FEKO 시뮬레이션 설계 결과와 측정 데이터가 거의 오차 없이 일치함을 보인다.

■ 변형 ( $Z_0 = 50\Omega$ , diameter = 2mm)



Reflection coefficient Magnitude [dB] - aadvanced\_loop



## 7. 루프 안테나 제작 및 DTV 수신하기

### ■ 준비물

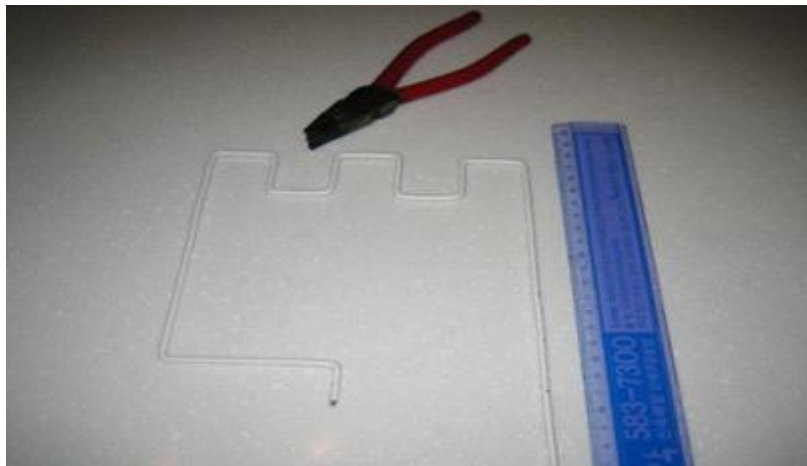
옷걸이, 니퍼, 자, 스트리퍼, 펜치, 동축 커넥터(혹은 안테나 케이블), Digital TV(혹은 수신카드)



### ■ 제작 순서

#### ❶ 안테나 제작

옷걸이를 일직선으로 펴서 아래와 같이 길이에 맞게 니퍼를 이용해 구부린다.

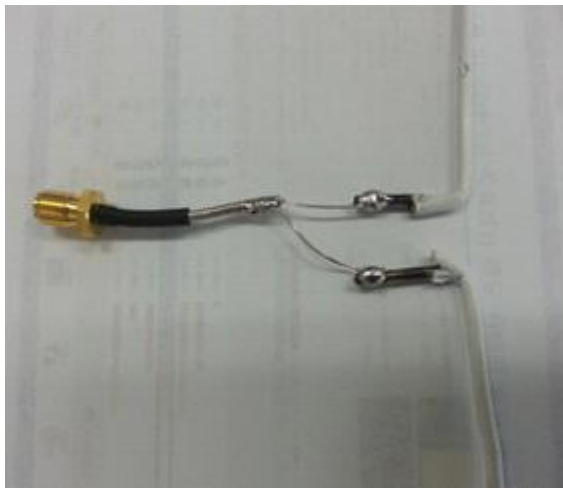


#### ❷ 커넥터 연결

제작한 안테나에 커넥터를 연결해준다. 본 매뉴얼에서 사용한 커넥터는 SMA coaxial connector(female)이다. RF 부품 판매처(☎ [www.eleparts.co.kr](http://www.eleparts.co.kr))에서 구입할 수 있다.



TV에 바로 연결하는 경우에는 TV와 연결되는 안테나 케이블에 안테나를 직접 연결한다. 안테나 케이블은 RG6 COAXIAL CABLE(75 OHM)을 사용하였으며, 이는 시중에서 쉽게 구매 할 수 있다.



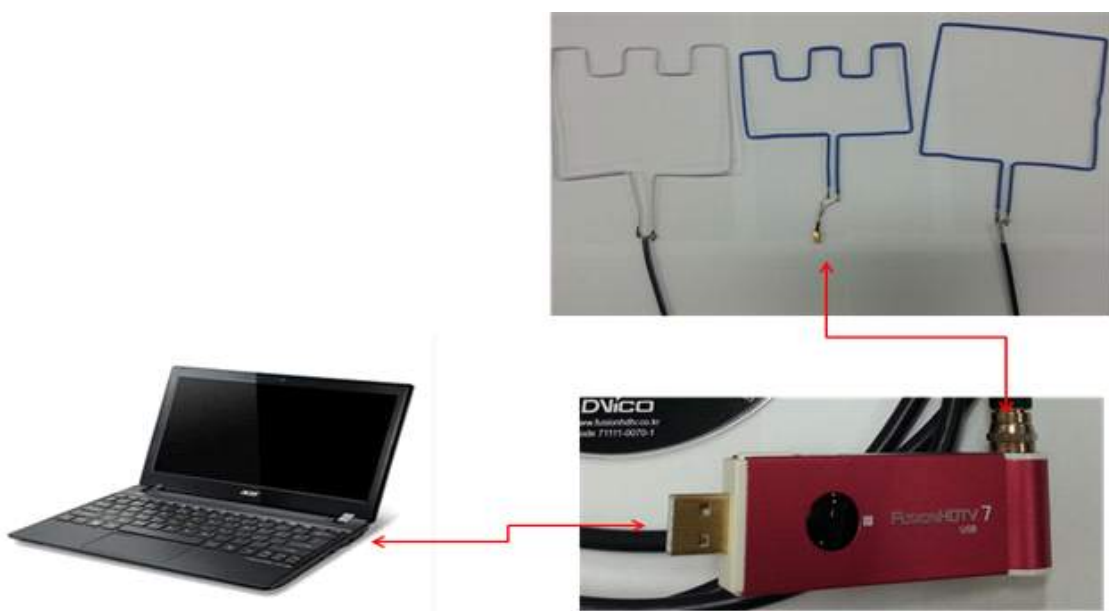
[그림 6] 동축 커넥터(female) 연결



[그림 7] 안테나 케이블 연결

### ③ HD 수신카드(TV)와 연결

USB 형식의 수신카드(FUSION HDTV7 사용)를 연결하여 컴퓨터로 디지털 TV를 시청해본다. 물론 제작한 루프 안테나를 집안에 있는 디지털 TV 뒷면의 안테나 단자에 직접 연결해도 된다.



방송국	주파수 채널	수신율	수신 감도
MBC	14	100%	27dB
KBS1	15		
SBS	16		
KBS2	17		
EBS	18		

모든 채널의 수신 상태가 양호했으며, 제작 후 연결했을 때 나오지 않거나 끊기는 채널이 있다면 그 채널의 주파수에서 안테나가 동작하지 않는다는 것을 의미한다. 해당 방송국 주파수를 찾아내어(앞에서 한국 지상파 디지털 방송 추진 협회 사이트 언급) 그 주파수에서 안테나가 잘 동작하도록 튜닝 과정(EZNEC 시뮬레이션 과정 반복)을 거치기 바란다.

