

ANSYS

Antenna Design Guide



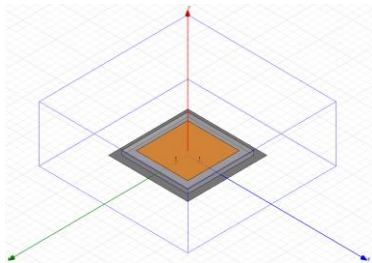
1. Introduction

안테나는 오랜 시간 동안 수많은 사람들에 의해 연구되어왔으며 아직까지도 그 적용영역을 넓혀가고 있는 대표적인 RF 부품입니다. 무선 통신을 대표하는 안테나는 시스템적인 관점에서 항상 입출력의 시작점을 담당하는 고유한 특성을 가지고 있기 때문에 다른 RF 부품들과는 달리 시스템과 별도로 개발되는 경우가 많은 부품입니다. 또한 다양한 주파수 대역, 그리고 대부분 시스템의 바깥쪽에 위치해야 하기 때문에 다양한 구조 및 형태를 갖게 됩니다. 우리가 상상하며 꿈꾸는 초고속 무선통신환경에 가까워지려면 지금보다 더 다양한 형태와 고성능의 안테나가 개발되어야 할 것입니다. 따라서 안테나 설계는 더욱더 복잡해지고 개발단가 및 개발기간은 증가할 수밖에 없을 것입니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 가장 먼저 개발과정에 시뮬레이션 과정을 도입한 무선부품 중 하나가 바로 안테나입니다. 현재 거의 모든 안테나개발업체들은 전자장 해석 소프트웨어를 보유하고 있으며 이 소프트웨어들은 제품개발에 있어서 필수적인 과정으로 자리잡고 있습니다. 본 자료에서는 과거의 안테나개발자들이 전공교과서에서 수식으로만 접근하던 안테나 관련 특성값들을 시뮬레이션 소프트웨어에서는 어떤 방법으로 추출하는지에 대한 방법을 소개하도록 하겠습니다. 기본적인 안테나 파라미터에 대한 소개, 그리고 다양한 안테나 적용사례 등을 통해 시뮬레이션 소프트웨어를 이용한 안테나 해석과정을 소개하도록 하겠습니다.

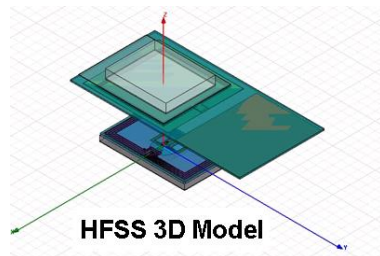
i. Antenna 의 종류

안테나는 그 용도나 성능에 따라 수많은 형태로 분류가 되는데 간략하게 대표적인 안테나 종류를 소개합니다.

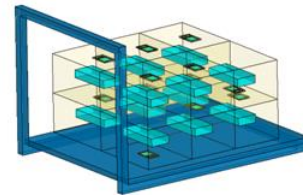
Patch Antenna



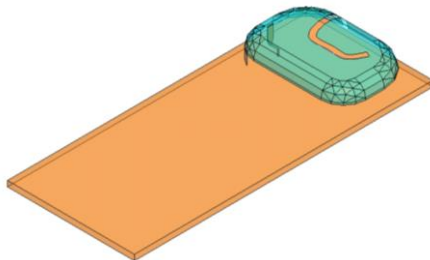
RFID



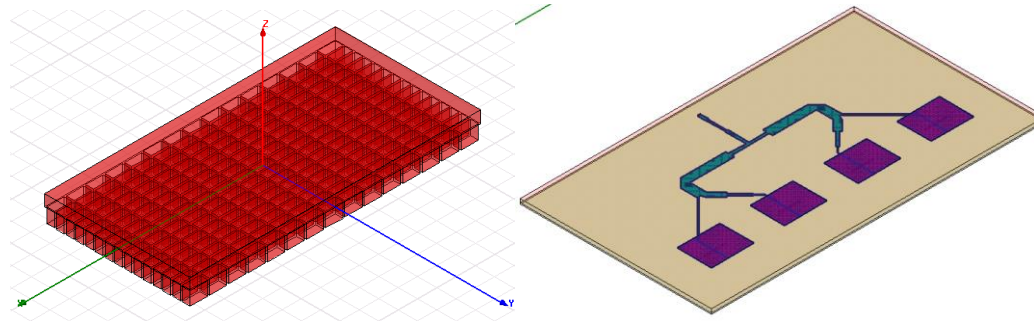
Reader antenna with two polarisation setups



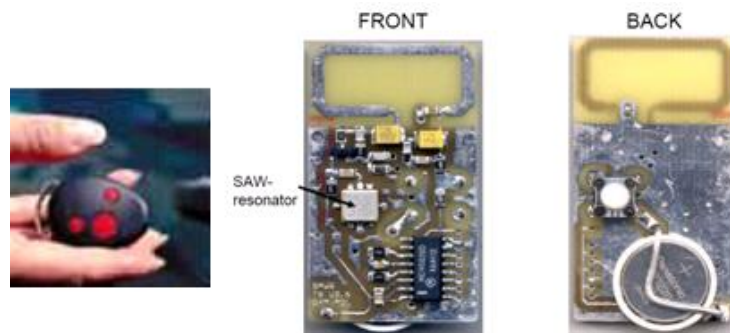
Intenna



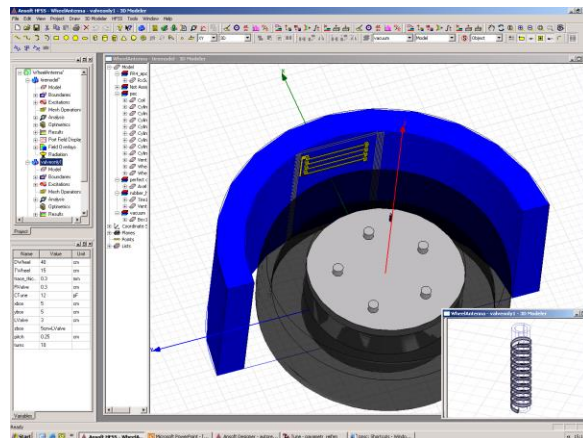
Array Antenna



Automotive



Remote Keyless Entry (RKE)



TPMS (Tire Pressure Monitoring System)

2. Antenna Analysis Process

안테나를 설계하는 과정에서 사용되어지는 시뮬레이션 소프트웨어는 대부분 전자장 해석을 기반으로 하고 있습니다. 일반적으로 과거에는 2D MoM (method of moment) 기법을 주로 사용하였으나 현재에는 3D 기반의 mesh 를 사용하는 전자장해석 소프트웨어를 주로 사용하고 있습니다. 2D 및 3D 기반의 전자장해석소프트웨어는 모두 특정형상의 mesh 라고 불리는 요소를 이용하여 해석하고자 하는 구조를 분석합니다. 해석하고자 하는 구조를 무수히 많은 삼각형(triangle) 면으로 나누어서 각각의 삼각형의 꼭지점등에서 전자장분포를 계산하는 방식을 MoM 이라고 할 수 있으며 4 개의 삼각형으로 구성된 4 면체(tetrahedron)로 나누는 방식을 FEM(finite element method)라고 합니다.

두 가지 방식 모두, 얼마나 최적의 mesh 를 나누느냐에 따라 다양한 구조 및 해석주파수에서의 정확한 안테나 파라미터를 얻을 수 있습니다.

하지만 구조와 물성값 새로운 모델이 개발될 때마다 매번 바뀌게 되고, 게다가 넓은 주파수대역에 적용할 수 있는 최적의 mesh 를 나누기란 쉬운 일이 아닙니다. 따라서 아주 기본적인 정보만 입력하면 최적의 mesh 를 구해주는 process 가 필요하게 됩니다. 이 방식을 automatic adaptive mesh algorithm 이라고 합니다.

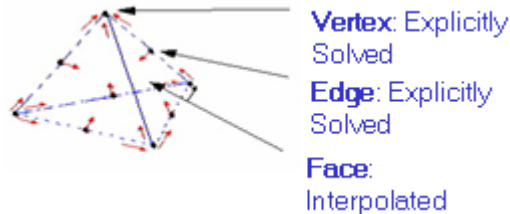


그림 1. FEM(유한요소법, finite element method)에서 사용되는 사면체 mesh

Automatic adaptive mesh algorithm 방식은 그림 2 와 같은 절차를 따라 진행됩니다. 원하는 구조를 그리거나 불러들이고(import), 재질을 설정한 후, 해석하고자 하는 기준 주파수(adaptive solution)를 입력하면 initial mesh 를 나눌 수 있습니다. Initial mesh 는 구조의 재질과 기준주파수에 의해 결정지어지는 파장(lambda)에 비례하여 그 크기와 갯수가 결정됩니다. 이렇게 구해진 initial mesh 에서 S-parameter 결과를 추출할 수 있습니다. 하지만 initial mesh 에서 계산되는 결과의 정확성을 검증할 만한 비교결과가 없으므로 initial 과는 다른 mesh 분포에서의 결과를 추가로 해석해서 비교합니다. Initial mesh 상태의 필드 계산 좌표 간에 급격한 에너지변화를 보이는

구간에 mesh 를 추가하여 한번 더 해석하게 됩니다. 재해석된 결과를 얻게 되면 기존에 해석했던 initial mesh 의 결과와 비교하여 사용자가 허용한 오차율보다 클 경우에는 또다른 mesh 를 추가하고, 두 결과를 비교했을 때 사용자가 지정한 오차율보다 작을 경우는 현재상태의 mesh 를 최종결과로 인정하는 방식을 갖습니다. 그러므로 이 과정에서 사용자가 입력할 사항은 오직 해석할 주파수(adaptive frequency)와 서로 다른 메쉬구조가 가지는 S 파라미터의 오차율의 한도(delta S)만 정하면 나머지 모든 과정은 자동으로 진행됩니다..

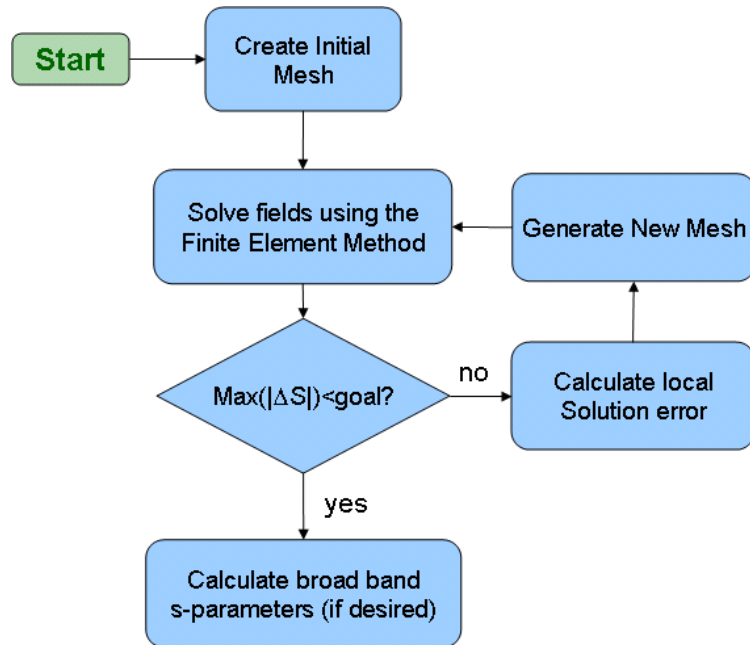


그림 2. Adaptive mesh 알고리즘의 process 개념도

그림 3에서 보이듯이 최종적으로 수렴된(converged) 후에는 initial 보다는 mesh 가 증가하였으며, 에너지가 가장 집중되는 metal 의 모서리부분에 mesh 가 잘게 나뉘진 것을 볼 수 있습니다.

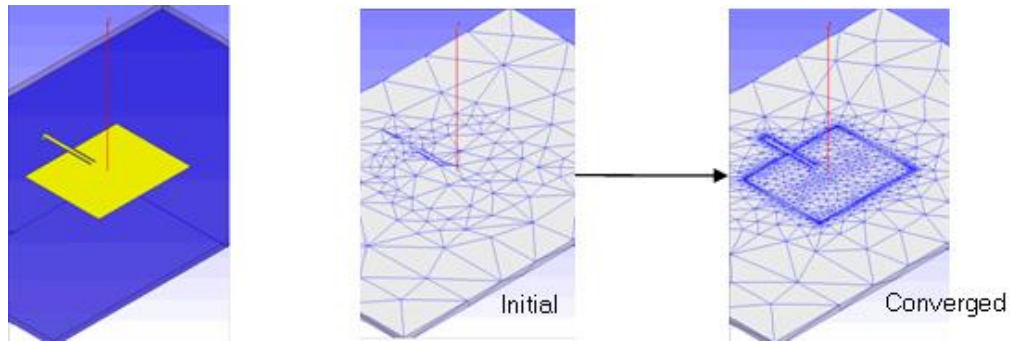


그림 3. Adaptive mesh algorithm 을 이용한 mesh 생성과정

그림 3. Finite Element Method (FEM) to solve Maxwell's equations.

주파수 스위프 설정

HFSS 는 discrete, fast, interpolating 의 3 가지 타입의 주파수 스위프를 지원합니다.

Discrete

Solves adapted mesh at user specified frequencies.

Can save fields for post-processing if desired

If one solution take N minutes, then M discrete points takes $M \times N$ minutes

Fast

Creates a rational polynomial function for Electric field at the adaptive frequency, and then plugs in the frequency range to extrapolate field over specified range

Usually only valid over less than a decade range in frequencies

Don't use near DC

Interpolating

Solves adapted mesh at start, stop and midpoint of frequency range, and then uses this to create a curve-fit for all complex S-parameters.

Then iteratively add solutions to improve curve fit.

Useful for very broadband S-parameters

Only for S-parameters / Fields are NOT saved over frequency range

Can extrapolate S-parameters to DC value

Sweep 타입에 따라 adaptive frequency 의 설정이 바뀔 수 있습니다. 각 sweep 타입에 따른 권장 adaptive frequency 를 표 1. 에서 확인할 수 있습니다.

표 2. 에서는 각 sweep type 에 따른 특징들을 기술하였습니다.

Sweep Type	Adaptive Frequency
Discrete	Highest In Band Frequency
Fast	Center of Frequency Band
Interpolating	Highest In Band Frequency

표 1. sweep type 에 따른 adaptive frequency

Sweep Type	Speed	# of Freq. Points*	Bandwidth Limit†	Saved Fields	Memory
Discrete	Slow for a large number of points	10's	None	All Frequencies	Same as Last Adaptive
Fast	Fast for a large sweeps Can be slower for small sweeps	<10,000	Octave	All Frequencies	More than Last Adaptive
Interpolating	Fast	<10,000	None	Only Last Adaptive	Same as Last Adaptive

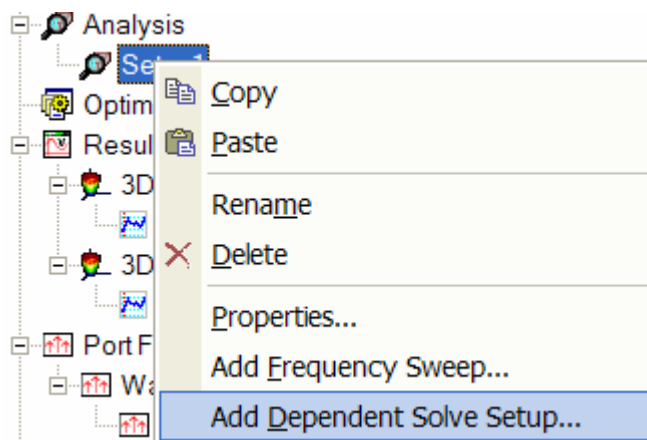
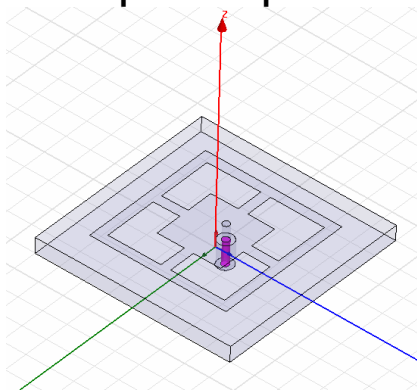
표 2. sweep type 에 따른 특성

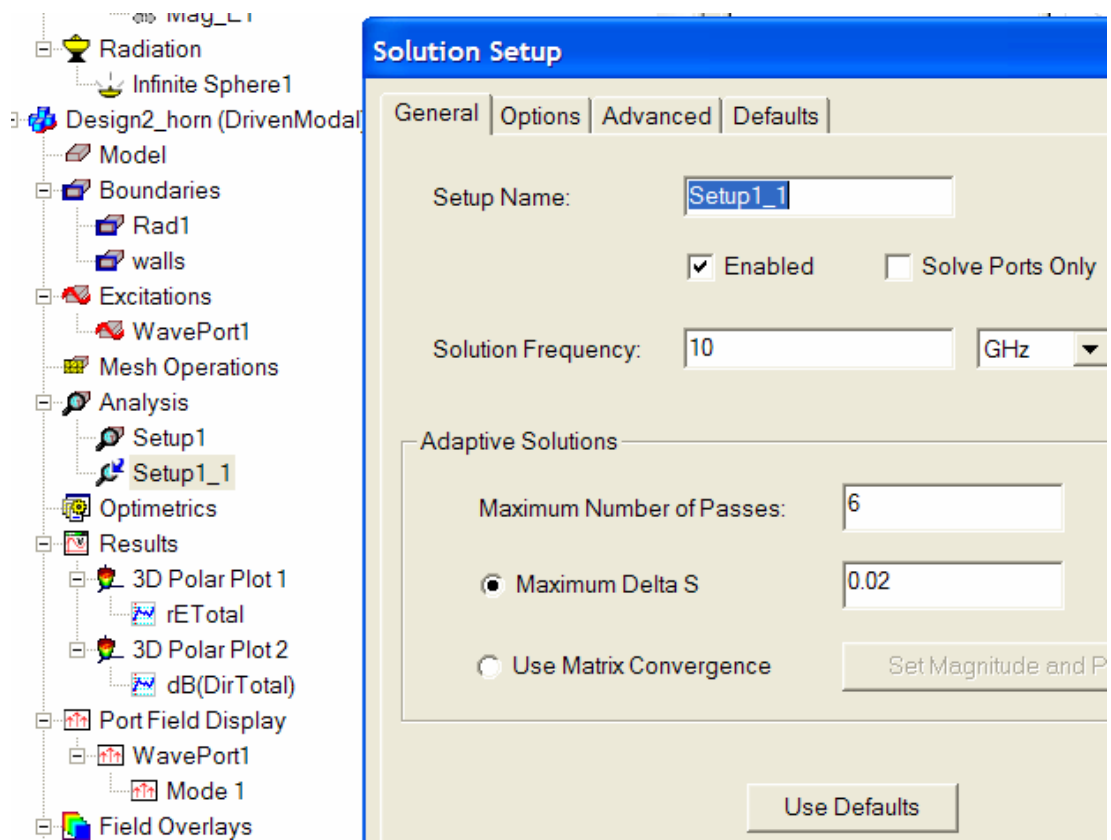
Dependent Solve Setup

Antenna has two resonant frequencies corresponding to the two conducting squares linked by conducting bridges

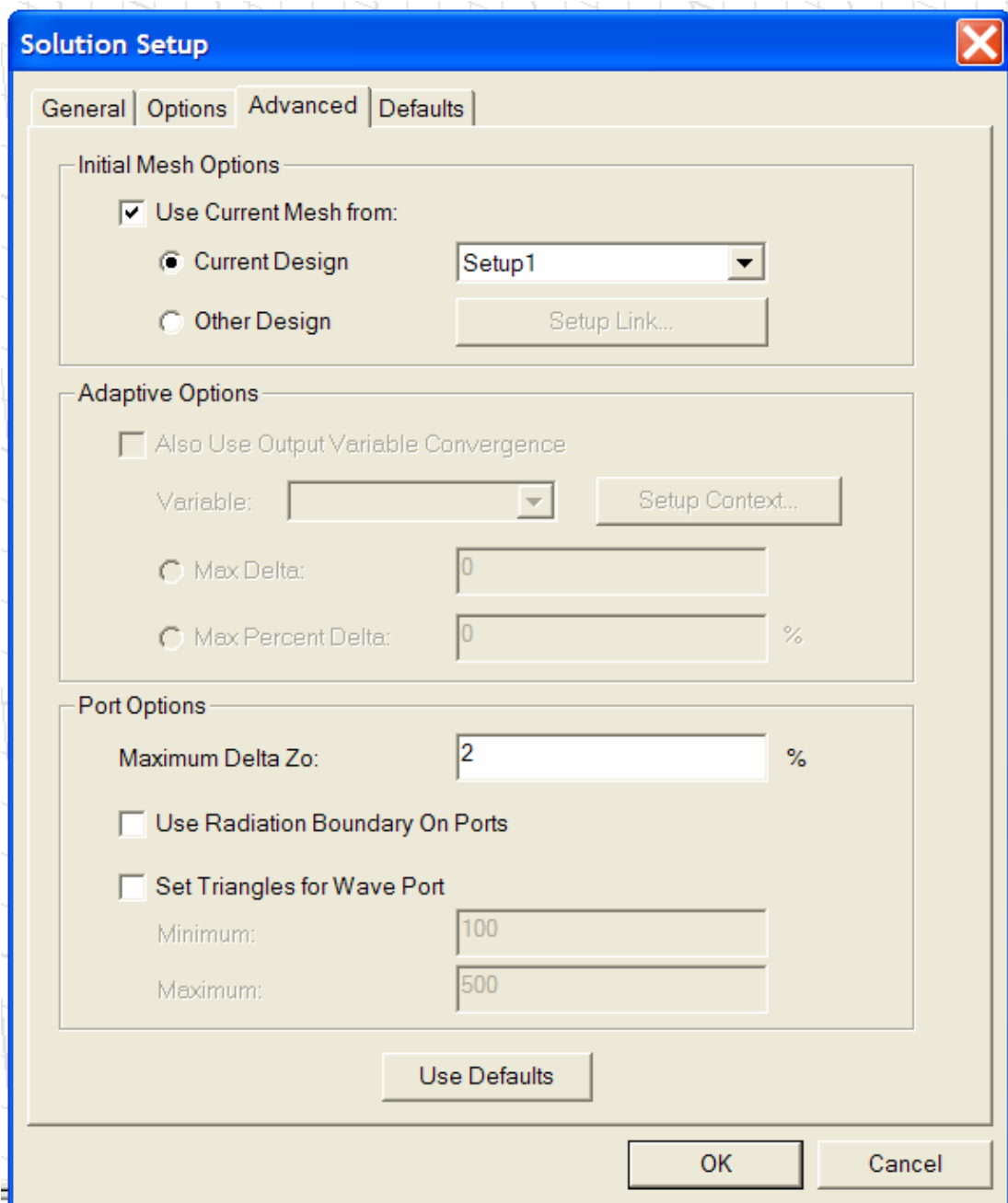
Design goal: Radiate at 2.4 and 5.5 GHz, return loss of -10dB.

Dependent Solve: Setup at 2.4GHz, 5.5GHz add sweep to capture complete frequency dependence





All settings from parent (Setup1) are copied to child (Setup1_1)



The dependent setup uses the mesh from the parent setup
 Dependent setups can further be added to existing dependent setups

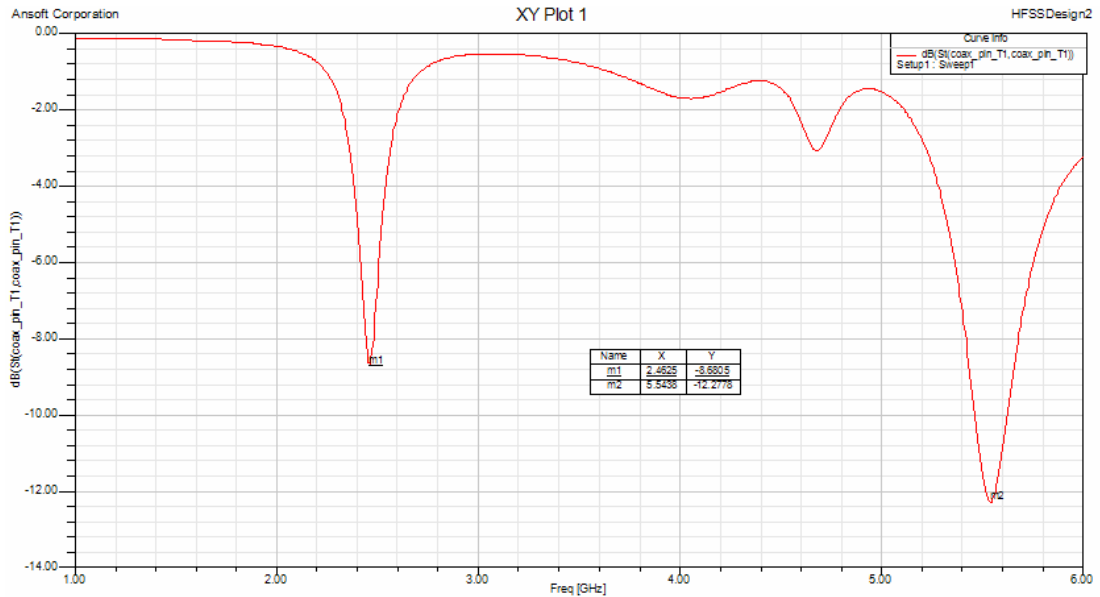


그림 Terminal Return Loss vs Frequency

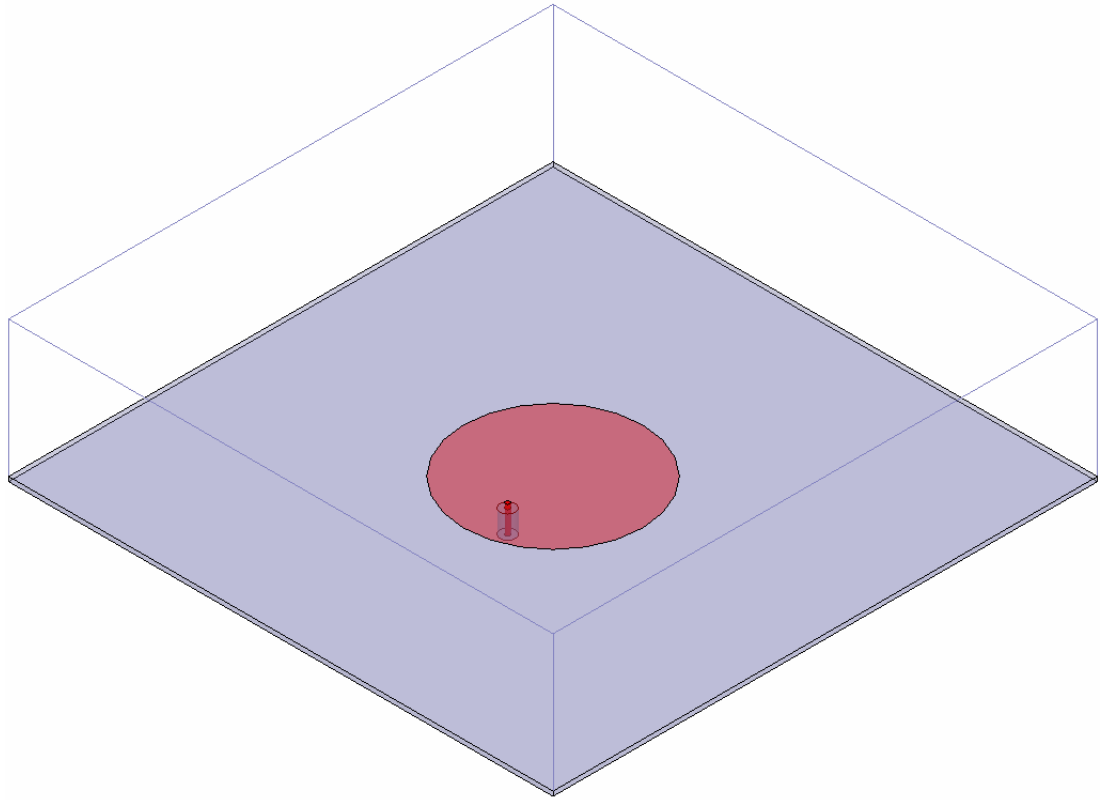
■ Antenna Simulation Setup

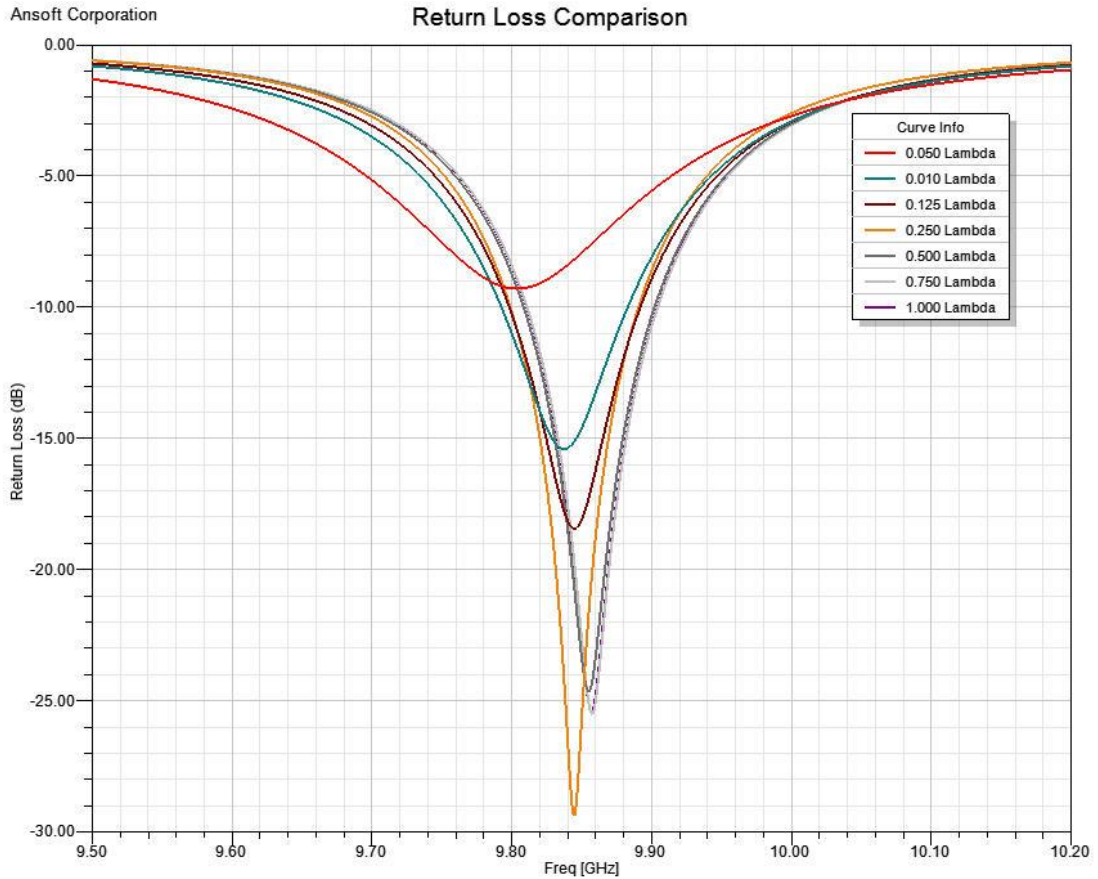
1. Accurate S-Parameter Predictions
2. Accurate Impedance Parameter Predictions
3. Accurate Field Pattern Predictions
4. Efficient Simulation Resources
5. Easy to Setup

▲ Circular Patch Antenna

- ▲ Varied Airbox dimensions such that the absorbing boundary condition is different distances from the antenna

▲ $\lambda/20$, $\lambda/10$, $\lambda/8$, $\lambda/4$, $\lambda/2$, $3\lambda/4$,





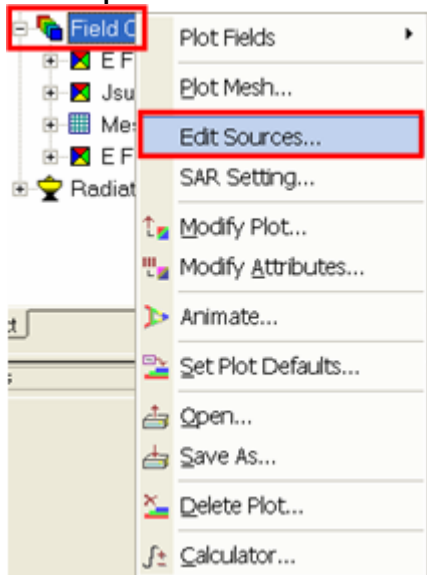
S-Parameter Dependence on Radiation Boundary Air Box Size

- ▲ $\lambda/4$ and λ case are within 13MHz of each other
- ▲ Determine whether you need a radiation boundary or a PML
 - ▲ Radiation faster
 - ▲ PML more robust and can be brought closer to strong radiating currents
- ▲ Size Airbox appropriately
 - ▲ Radiation boundary farther than $\lambda/4$ from strong currents
 - ▲ PML farther than $\lambda/8$ from strong currents
- ▲ Use output variable convergence on a field quantity to make sure the fields have converged as well as the S-parameters
- ▲ Set a reasonable max(DeltaS) to avoid unnecessary simulation time and RAM

- ⚠ Consider an alternative integration surface for better accuracy and reduced simulation time.
- ⚠ Consider any additional seeding that might reduce the simulation time or required RAM

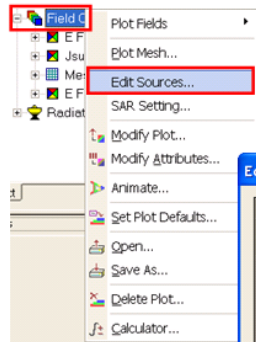
Edit sources

- ⚠ Active S-parameters
- ⚠ Infinite Spheres
- ⚠ Local coordinate systems and how to apply to calculated patterns



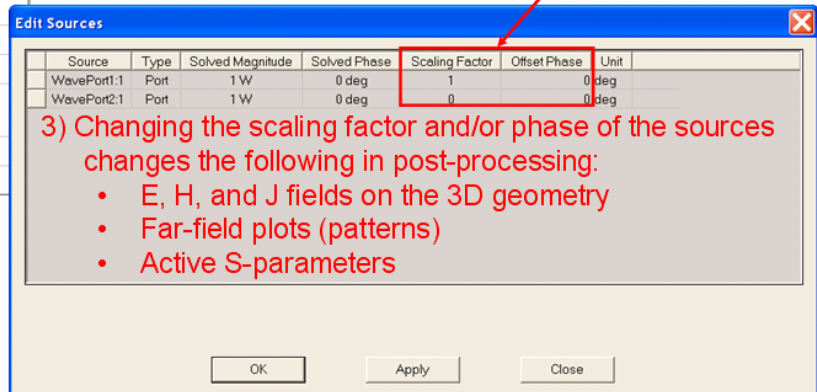
Edit Sources Dialog

1) Right click on "Field Overlays"



2) Select "Edit Sources"

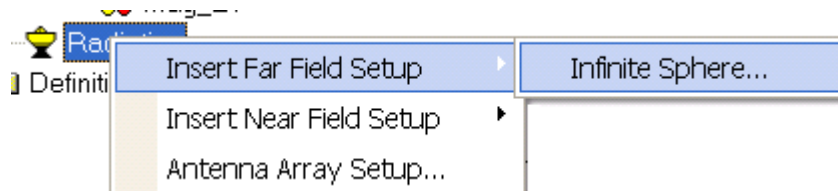
These fields are editable



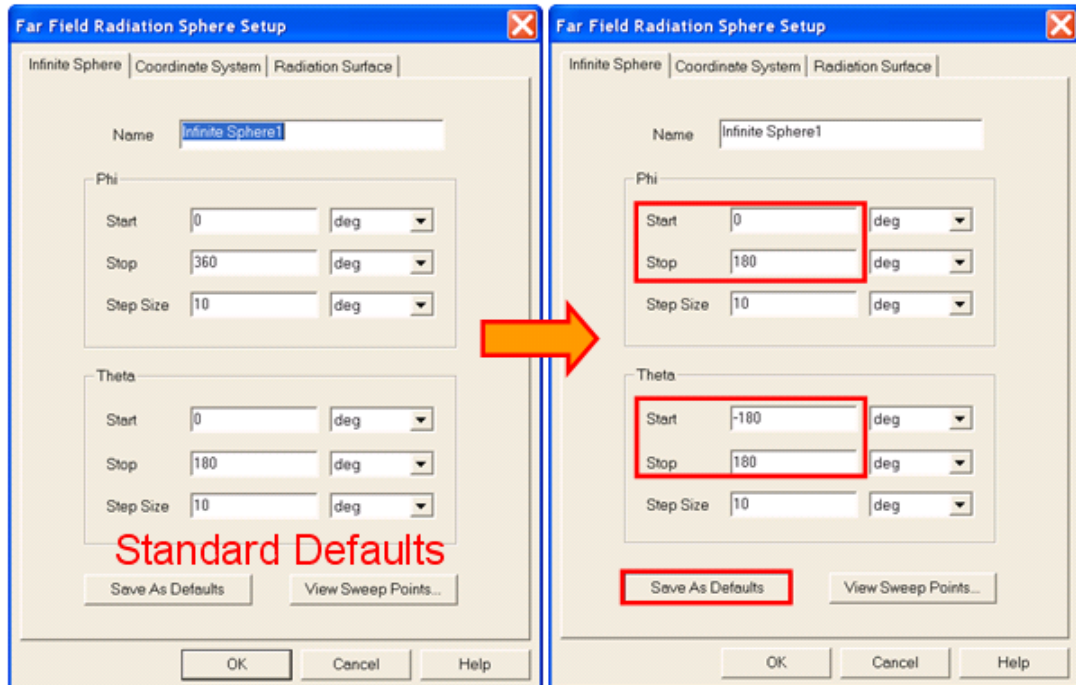
2. Antenna Fundamentals

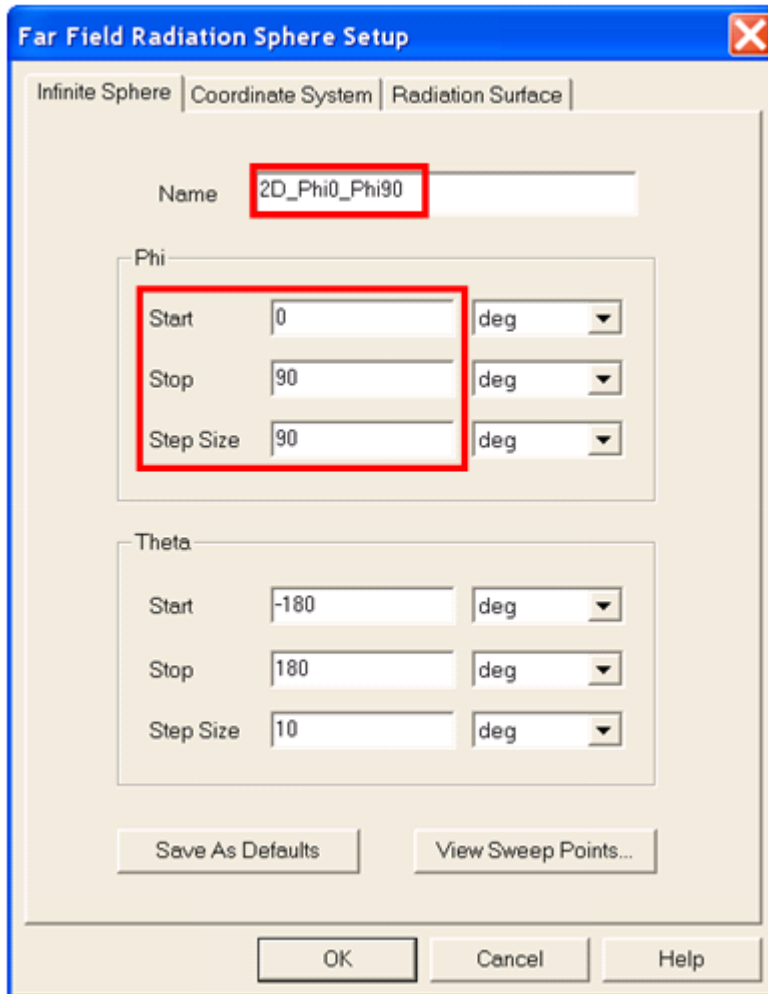
i. Radiation Pattern

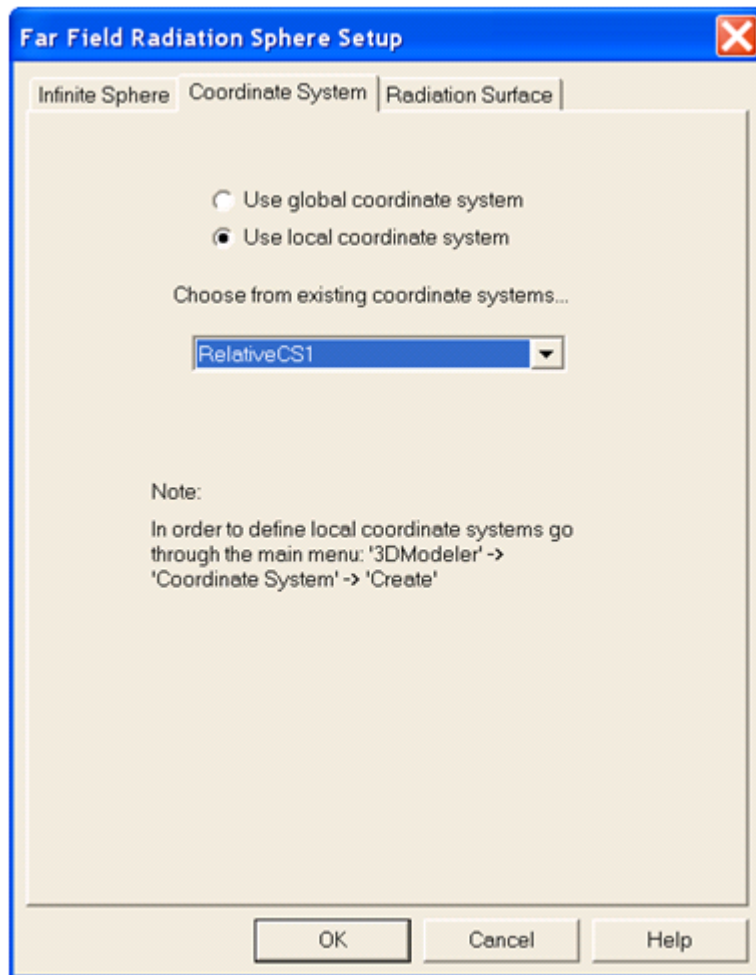
Infinite Sphere 설정



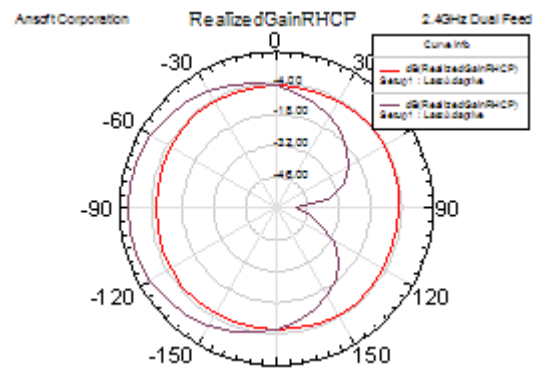
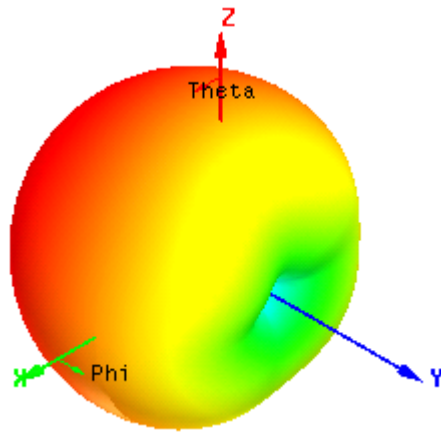
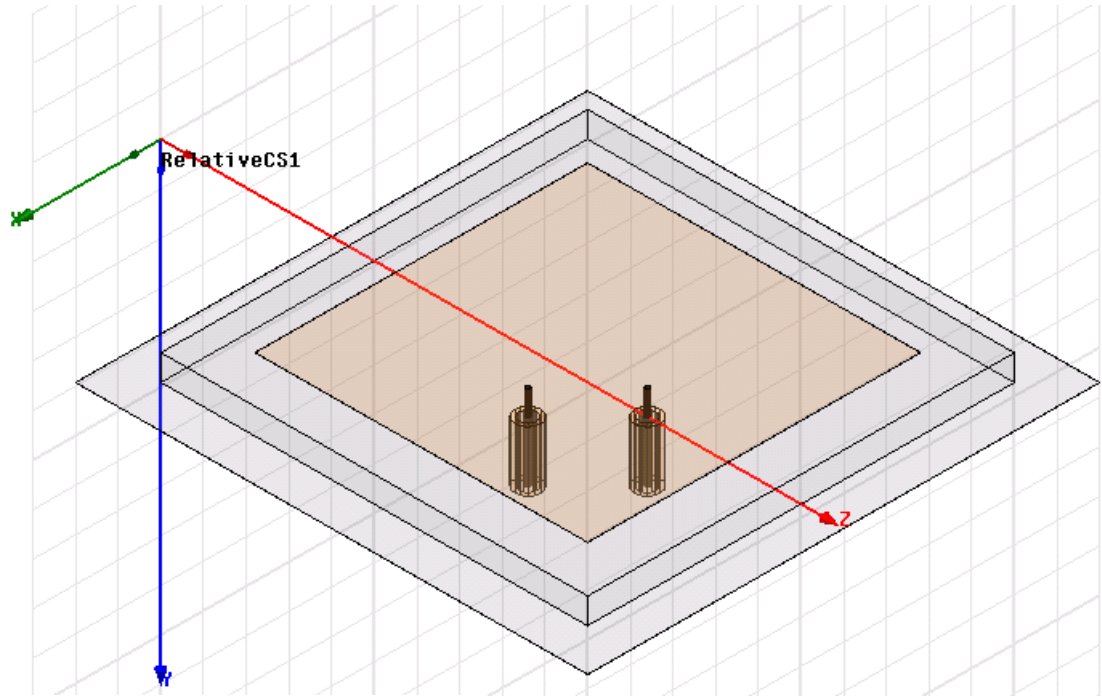
May want to change the defaults so that a 2D field plot has theta = 0 in the middle of the x-axis.







Relative coordinate systems may be used to modify the reference orientation in the far-field calculations.



[example]

Active S11 XY plot

2D dB(RealizedGainRHCP) plots

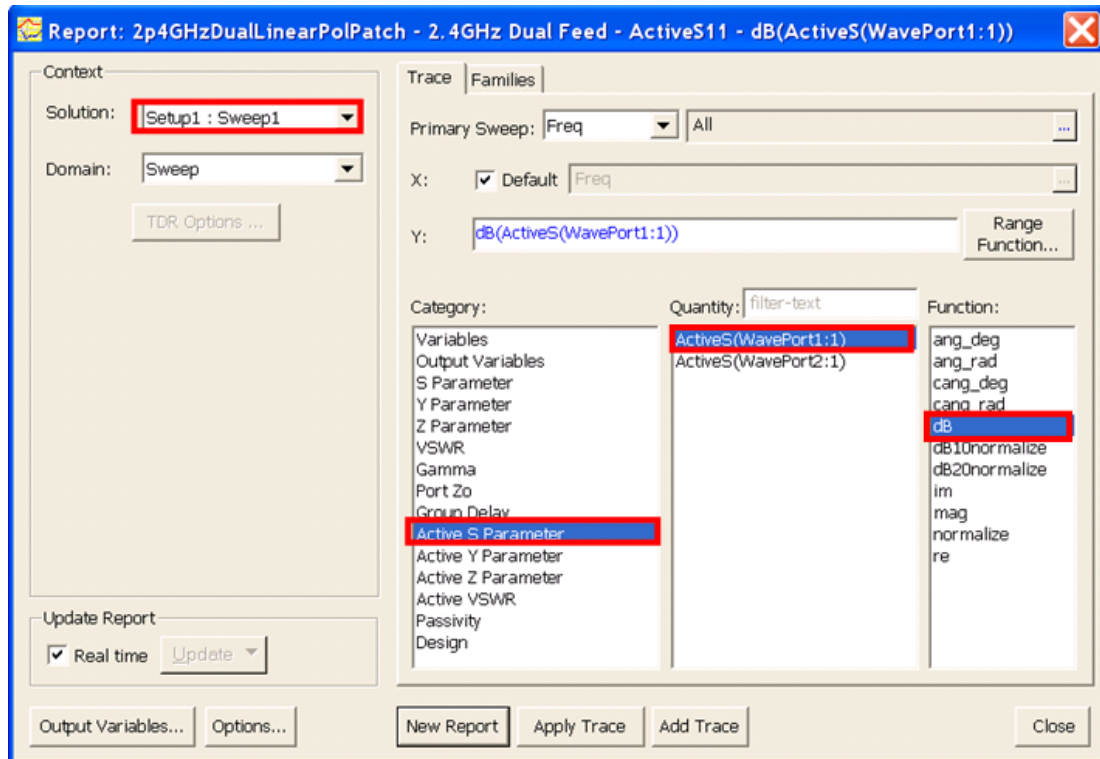
3D polar dB(RealizedGainRHCP) plot

	Scaling Factor	Offset Phase
Port 1	1	0
Port 2	1	90

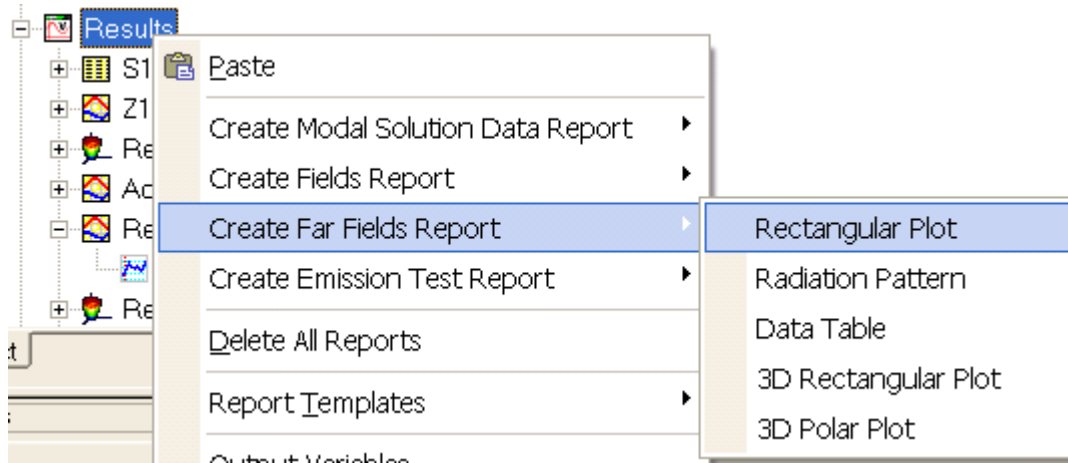
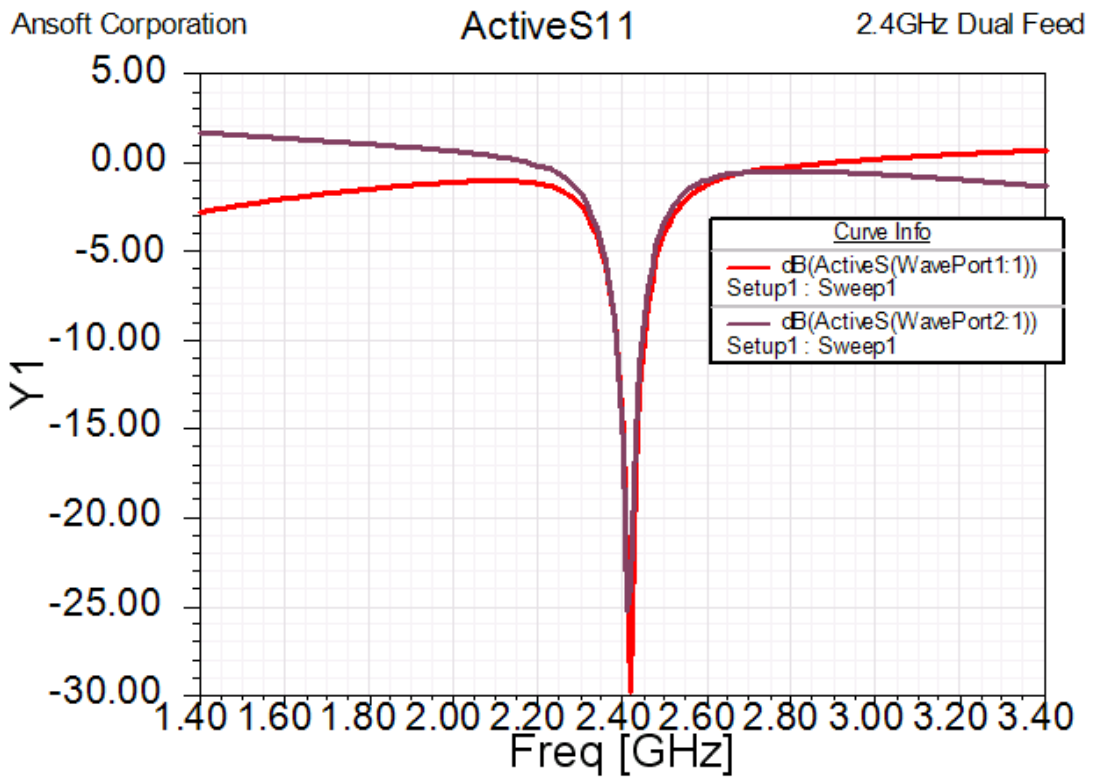
Note: The Edit sources dialogue is set to the following the these plots to create circular polarization

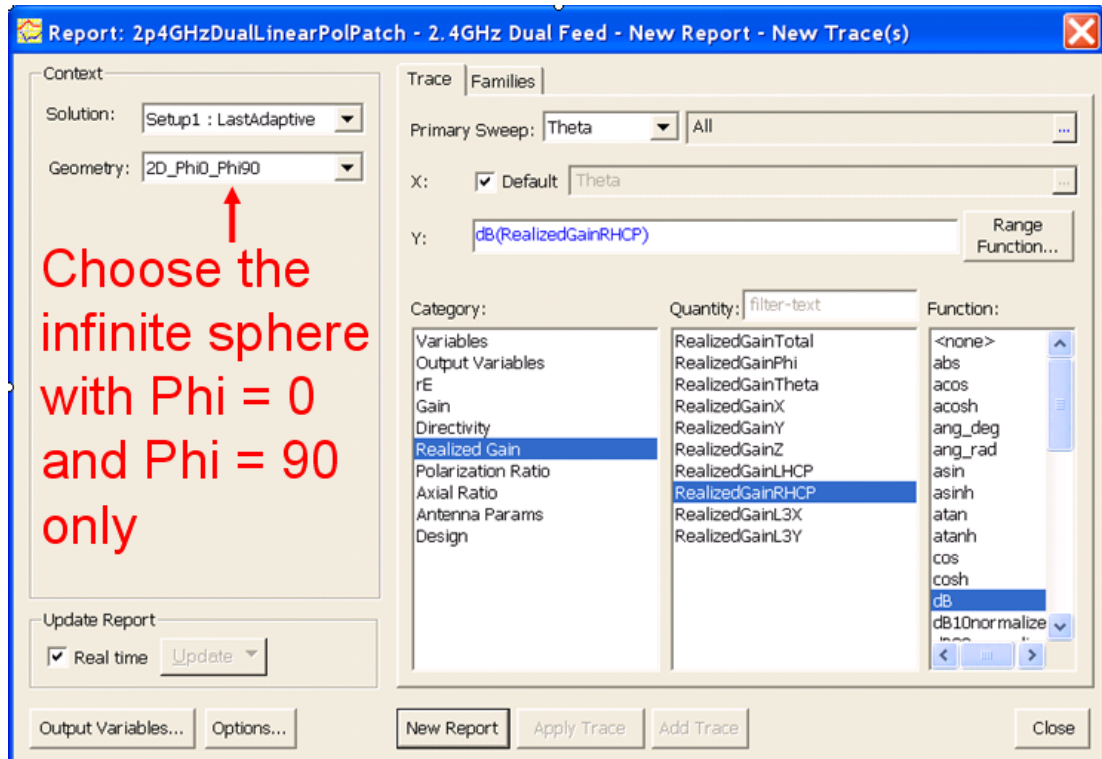
1) Right click on "Results"



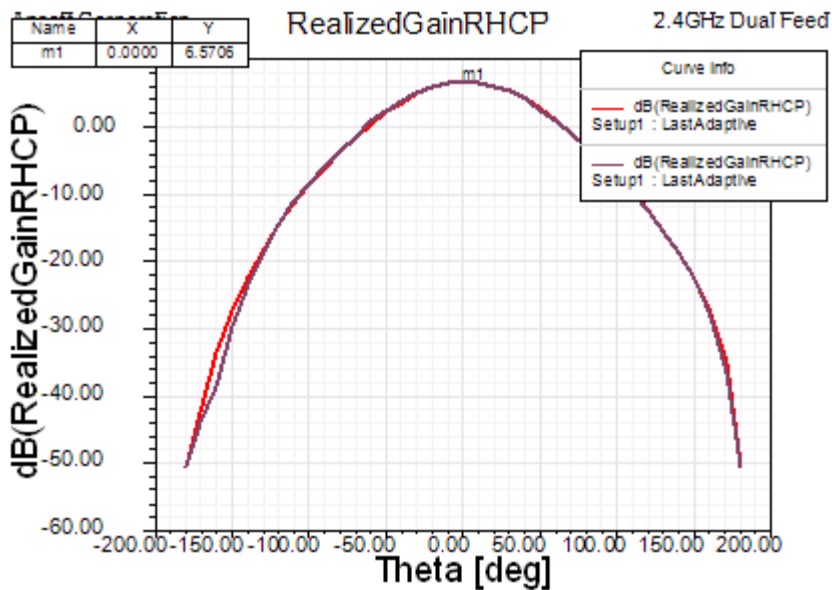


2) Select “Modal Solution Data Report” ▶
 “Rectangular Plot”





Choose the infinite sphere with Phi = 0 and Phi = 90 only



Select the plot



Change to a Radiation Pattern Plot (Polar plot of far-fields)

