

XFdtd Training (Version 7.10)

Hand-On Walk Through

Outline

- 介紹REMCOM公司,背景,專業與產品
- 模擬的概念和效益
- XFdtd方法論
- 建模流程與所需資源
- XFdtd 使用者介面介紹
- 建立幾何模型與導入CAD文件
- 建立與運用各種材料
- 設置網格
- 激勵,電路器件與波型
- 運用Sensor收集模擬輸出



Outline

- 建立和控制模擬
- 檢視輸出與後處理
- SAR的計算設置
- 巨集與腳本
- 其他功能



介紹REMCOM

- 發展簡歷
 - 成立於1994年
 - 總部位於美國賓州State College
 - 約35-40名員工
 - 開發與銷售各種高頻電磁模擬軟體並提供技術支持
 - 透過與諸多代理商的合作展開全球佈局與發展業務
 - 客戶包括學界,商業單位以及各種政府機關





介紹REMCOM

XFdtd...

三維全波時域模擬軟體,可用於 天線設計,電磁輻射,醫療設備 開發以及生物電磁應用





適合用於電大尺寸平臺的天線輻 射和RCS的模擬





可用於進行毫米波以及各種不同頻率/波長的訊號在室内,市 區以及更大範圍的地形的傳播 路徑預測以及通道分析







- 模擬可以節省時間,減少製作原型樣品所需的時間和耗費的原料,降低研發工作的成本
- 模擬可以快速進行各種試誤和修正工作的迴圈
- 用於模擬的模型可以重複使用,稍作修改或使用其中一部分就可建立新的模型用於其他 項目
- GPU加速技術可以大幅降低模擬所需時間,增加其實用性
- 在許多產業模擬已經成為工業標準,重要性與日俱增





- 考慮到XFdtd的知識結構,這個第一章作為教材的基礎章節目的在讓使用者認識這套軟體, 有方法論和軟體運作方式的基本認識,對軟體的特性和模擬有瞭解,能夠操作。
- 對於比較急著想先開始用軟體的使用者,希望這個章節可以協助用戶開始操作建模,能執行一些模擬了,至於建模的各環節細節將在後續章節較為詳細介紹。
- 由於這個教材的目的是在協助使用者瞭解XFdtd這套軟體以及開始操作使用,所以在數學物 理以及程式設計的部分不會著墨太多,有興趣的使用者可以自行在軟體自帶的reference manual以及建議參考的QtScript網站和檔找到相關資訊。



XFdtd的方法論與運作方式





- XFdtd 顧名思義, 使用時域有限差分法 (Finite Difference Time Domain, FDTD)作為核心演算法來解麥克斯韋爾方程式。
- XFdtd運作方式是參照使用者導入或繪製的幾何模型以及計算的頻率範圍剖分網格,用網格來描述零件,然後將激勵源設置在網格上,實際的計算發生在網格上而不是Geometry上。
- FDTD演算法也同時會將時間細分成時步(time step),從物理現象的角度看,就是求解電磁場以時步為 單位隨著時間推進,在網格上發展過程中的電場,磁場等各種重要物理量的數值。
- 由於可以透過對網格和材料的設置作多種微觀的調整,所以在模型的複雜度變高,隨著頻率提高,網 格也需要剖分得更細的情況下,使用者就會有更多的手段去調節,提高運行效率和精確度,也同時展 現了FDTD演算法的優勢。



XFDTD方法論

- 部分參考資料:
 - The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics, by Kunz and Luebbers
 - Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method, Third Edition, by Taflove and Hagness
 - IEEE publication C95.3 Recommended Practice for Measurements and Computations with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 100 kHz to 300 GHz



FDTD

- XFdtd 中最基本的網格是6個面12條邊的立方體網格(cell),這些網格可以 不是正立方體,將這些網格堆疊起來就可以構成近似用戶繪製或導入的 零件的形狀。
- 數學方法上稱之為Yee Cell, 把六面體的8個頂點作為節點(node)每一個節點為原點沿著XYZ正方向延申一格為其電場分量方向,分量出發點為該節點,以這個節點為原點的三個ISO平面的法線方向視為磁場分量方向,分量出發點為平面中心。
- 構成一個立方體cell的12個線段(mesh edge)會進一步的附加上材料屬性, 個別線段可以是不同材料,代表不同材料製作的不同零件。
- 在Geometry每一個零件是分開的,不過網格是把整個模型視為一體來建 立,不會分開。



 一個基本的 Yee Cell以及在上面的磁場 (H)和電場(E)分量



• XFdtd 剖分的三維網格。



FDTD

- 第7版的 XFdtd會依照模擬的頻率範圍自動設置時步(time step)大小, 也會依照最高頻率設置網格尺寸。
- 數學上模擬運作的方式是從激勵源發出有使用者設置的波形特徵的電磁場,隨著時間變化沿著網格前進,所以網格解析度 必須足夠高才能夠精確的描述物理量的變化,避免發生奇異點等現象。
- 網格(cell)的長寬高可以不同,但是最大的一個不能超過十分之一波長,XFdtd的預設值是15分之一。
- 由於網格是模擬實際發生和進行的地方, 所以網格是否足夠精確會直接影響模擬結果。
- 當電磁場隨時間沿著網格發展最終離開系統,最後系統內場值降低到接近於零,即可視為收斂,達到穩態,計算完成,這 就是XFdtd的計算引擎運作的方式。
- 參考資料: K. Yee, "Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell's equations in
- isotropic media," IEEE Transactions on Antennas and Propagation 14, pp. 302–307, 1966.



Material

- XFdtd 可以運用許多不同特性的材料進行模擬,建模的時候材料是作為零件的一個屬性,配置給零件, 落實到計算上的時候就是網格的的屬性,主要影響到電磁場的傳播和能量損耗等現象的實現。
- 從理論上的完美導體(PEC),介電係數隨頻率改變的色散材料,生物材料等多種材料XFdtd都可以運用, 用戶可以自訂各種複雜的材料,XFdtd也自帶材料資料庫,使用者可以自由調用。
- 材料的電, 磁以及力學特性可以分開設置。
- 在一個模型中, 視覺上不同的材料可以用顏色來區分, 也可以在網格上用於區別零件。
- 必須要所有的零件都有設置材料XFdtd才能剖分網格進行模擬。





- XFdtd 會在包含所有模型零件的一定空間範圍之內進行網格剖分, FDTD 的物理計算在有網格的範圍內進行。
- 在XFdtd以一個個六面體的Yee Cell為基礎構築整個被網格剖分的空間, 這個空間範圍也是一個箱型的六面體,在XFdtd中這個箱型六面體稱之為 Grid,箱型六面體的六個面就是邊界(Boundary)。
- 箱型的Grid内部XFdtd定義為近場(Near Field), Grid之外定義為遠場 (Farzone), Grid内部距離邊界4個網格的位置會建立一個用來轉換遠場輸 出的Farzone Box。
- XFdtd在Grid内用FDTD演算法完成計算之後,會進一步計算Farzone box 壁面上的電流密度等參數然後基於這些資料轉換遠場輸出。





XFdtd 的架構

- 套裝軟體都有其特定的架構來決定運作的方式,這個運作流程通常在使用者不易察覺的背景裡進行。
- 對軟體的架構和背景運作流程瞭解有助於使用者從"為什麼"的層次學習軟體的操作。
- XFdtd 可以大略分為三個模組,使用者介面(GUI),計算引擎(Solver),輸出資料(Output),這三個模組互動和資料交換構成了軟體的工作流程。
- 具體地說用戶對GUI輸入參數, GUI隨之產生驅動文檔, Solver載入驅動文檔進行模擬產生輸出, 用戶 再透過GUI檢視輸出, 分析資料。



XFdtd 的運作方式



XFdtd的操作流程







- 建模可以理解成設計工作,通常不會是一蹴可及的,從瞭解軟體運作方式開始,抓住模型的要素,把對應的資訊和資料填進去,就可以把模型搭起來。
- 能運作的模型搭起來後, 接著對模型做優化, 提升精確度, 改善效能就可以逐步完成兼具精確度和效能的模型。
- 建立XFdtd的模型會包含幾個要素
 - 1. 幾何模型/零件圖形
 - 2. 各種電器元件, port和匹配等等
 - 3. 材料模型和材料參數
 - 4. 網格
 - 5. 收集各種數據的Sensor
- 使用者的準備和事前規劃
 - 1. 需要準備好零件清單,要清楚知道模型裡有哪些零件,甚麼性質和功能
 - 2. 要有一個材料清單以及所需的材料參數
 - 3. 厘清需要取得的資料有哪些



XFdtd Overview

- XFdtd相容Windows或Linux作業系統,兩者均提供可操作建模的GUI
- XFdtd的三維工作環境正常顯示需要OpenGL相容的顯示晶片,所以建議用戶選用有獨立顯卡的電腦, 並將驅動更新到最新版本
- XFdtd的支持運用CUDA相容GPU進行加速計算,因此建議客戶挑選Nvidia CUDA相容的顯卡或GPU, 少數型號可能有相容性問題,剛上市太新的卡則不一定支持,建議和代理或REMCOM諮詢
- XFdtd的效能較倚重顯存頻寬和主頻,顯卡在這方面的性能指標可以參考,但影響效能的原因很多, 硬體規格不是絕對的
- **主機板記憶體**自然越多越好,固態**硬碟**對於效能也有幫助



XFdtd的操作與介面



XFdtd的操作

- XFdtd操作上十分直觀,大多功能從右鍵功能表來操作,使用者選擇要編輯的零件或是器件等,接著從右鍵功能表選擇需 要的操作。 ٠
- 右鍵菜單 ->選擇操作 -> 編輯專案 這三步是XFdtd最常見的操作流程, 在這個過程中完成建模。 ٠
- 不同的操作物件彈出的右鍵功能表可能不同。 ٠





耒

www.gi-well.com



TO LEEG WINDLCHING OF LM





 在介面上不同的位置打開右鍵功能表, 功能表內容會依照選擇專案改變。







XFdtd的操作

- XFdtd在設計上有"指哪打哪"的操作邏輯,使用者選擇要介面中建立或編輯的要素,然後透過右鍵功能表選擇操作,接著填入參數 或作各種設置編輯,大多數的操作都類似這樣。
- 使用者可以用同樣的操作方式新建/編輯零件,電路器件,波形,材料等等,建模工作上沒有絕對的順序,幾乎都可以任意選擇要 編輯的物件。
- 使用者可以在這個操作邏輯下依照零件->材料->波形->器件->激勵->網格->sensor的建議順序建模或是檢查模型,如果目標明確,也可以直接修改特定物件。
- 資訊填寫錯誤或是缺了需要的資訊或是有各種問題導致模擬不能執行需要修正模型時,XFdtd會顯示錯誤或警告,,使用者把滑鼠 停留在標誌上就可以看到提示,依照提示修正模型。



XFdtd中的正確/OK標誌。











Material Editor



- 以材料為例, 說明報錯資訊顯示以及修正過後的改變。
- 其他要素的建模過程有類似的報錯提示。



• 使用者修正後, 黃色警告標識變成綠色三角形打勾的正確標

XFdtd 使用者介面 (7.10)

- XFdtd的預設起始畫面主要分為四 . 個區域。
- 在最左邊的樹狀圖把模型中的要素 • 分成幾個節點來展示。
- 中間的是作圖和顯示區域,使用者 • 主要在這裡做各種操作。
- 最右邊的是一些功能和建模流程相 • 關的快速鍵。

Project Tree

各種構成元素



XFdtd 使用者介面指南



• Edit 功能表, 複製, 編輯以及 項目。



XFdtd 使用者介面指南



• 設置和管理工程範本。





• 導入用戶的 XFdtd 6版項目文檔並轉換為 XFdtd 7版項目文檔。



XFdtd 使用者介面指南



XFdtd 使用者介面指南







-

е

Tł

to

- 從Edit菜單的Project properties選項打開的 Project Properties Editor視窗可以對使用者目前 操作的工程進行全域性設置。
- Project Properties Editor 視窗也是使用者進入 XFdtd後第一個設置視窗,使用者建立新工程會 需要設置適用的頻率範圍



• 進入XFdtd後預設起始畫面會先打開一個 project properties Editor 視窗,使用者 可以從頻率範圍開始設置。

Project Properties Editor
Name: 8x8 Patch Beamforming
Project Path: G:\REMCOM\XF samples\8x8 Patch Beamforming.xf
equency Range of Interest Notes Display Units Advanced
s setting controls the frequency range of interest for this project. This frequency range allows XFdtd uutomatically provide some simulation parameters and output formatting.
inimum: 26 GHz Maximum: 30 GHz
 Project properties Editor 視窗,使用者 可以從頻率範圍開始設置。
 Minimum 和 Maximum 兩個頻點設置模擬的頻率範圍,建議使用者把這兩個頻點設置在能夠包含天線工作頻率範圍,並維持一定距離的頻點。
• Minimum 和 Maximum 也可以相同,那 XFdtd就會進行單頻點模擬。
Revert Done Cancel Apply











```
• 預設的幾種單位設置組合功能表。
```

- Display Units 頁面, 使用者可以在這邊設置各種物理量的 顯示單位。
- 使用者可以依照習慣或專案的特性調整顯示單位
- 也可以從Unit Set 功能表選擇各種單位設置組合,從XFdtd 依照工程師習慣的設置,或是公制等設置好的組合選用適合 的顯示單位。





- FDTD演算法是時域的方法,物理量在網 格上隨著時間變化,timestep(時步)為 XFdtd中時間推進的單位,也可以視為觀 測物理量變化的時間間隔。
- XFdtd會根據頻率及材料參數等條件推算 出一個合適的時步(time step),同時將之 視為一個鎖定的參數(parameter),用戶 不能直接更改。
- Custom timestep multiplier 是一個介於 0.01到1之間的參數,用戶可以借由這個 參數把時步縮小,嘗試是否可以改善模擬 結果精度,輸入0.5就代表把時步縮小一半。
- XACT mesh是 XFdtd 的保形網格功能, 可以把網格細分,建立非直線的網格模型, 也因此網格實際上變得更細,對應的時步 實際上也會更小,用戶可以進一步縮小 XACT mesh網格對應的時步來改善模擬 精度,預設值為0.7。









軟體全域偏好設置






Sy XFdtd - Application Preferences



軟體全域偏好設置

SFdtd - Application Preferences

General Interface	Modeling	Graphs	Simulation
Plot Name Information-			
Project ID			
Project Name			
Simulation ID			
Simulation Number			
Simulation Name			
Run ID			
Run Number			
X Project : Simulation :	Run		
Result Type			
Sensor			
Sensor Type			
Domain			
Field Type			
🗙 Misc Info			
Notes			

• Graphs 頁面,使用者可以設置曲線圖命名的詞綴。

SFdtd - Application Preferences

General	Interface	Modeling	Graphs	Simulation	Con
External (Queue Integrat	ion (EQI)			
XFdtd pro existing q simulation internal q information	wides capabili ueuing system ns for executic ueuing mechai on.	ty to integrate for the purpos on using that sy hism. See the	simulation c e of automat vstem rather Reference M	reation with an ically submittin than XFdtd's Ianual for more	g
Priority:	Normal -				
X Use X	(Stream Accel	eration			
	Num	ber of Devic	es to Use:	Auto	
X Use M	/IPI				
	Nu	mber of Ran	ks to Use:	Auto	
Extra Qu	eue Options	:			
Extra So	lver Options	:			
There are applied. ' absolutely with the e	no guarantees They are only how to execu external queuir	s that the value hints to the qu te a simulation og system.	s specified h euing system n, it should b	ere will be . To specify e queued directl	у

• Simulation 頁面,使用者可以設置 XFdtd 的模擬排隊腳本。



軟體全域偏好設置

SFdtd - Application Preferences

General Interface Modeling Graphs Simulation	Compatibility
Picking Tools	
Starting in XFdtd 7.1, the picking tools do not attach picked points and directions to the selected geometry by default. To attach them, press 'a' while picking. To revert to the previous behavior, where picked points and directions were attached to the selected geometry by default, check the box below.	
External Queue Integration	
Starting in XFdtd 7.8, determining the job id of the simulation when canceling an EQI job is handled by the processing daemon instead of being given to the daemon by XFdtd. This is done to further separate and clarify the responsibilities of the user interface	
and simulation handling. If you cancel an externally queued job in XEdtd but it is not canceled from the job scheduler, check the Custom	
Output simulation tab for a message about not finding the job id for the canceled simulation. If there is one, the daemon may not yet be upgraded. Enabling this option will cause the user interface to provide the old EQI behavior.	• Com 性設
Enable Backwards Compatibility for EQI Cancellation	

• Compatibility 頁面,使用者可以設置對應舊版項目(7.1,以及7.8)的相容 性設置。







- XFdtd的介面是一個主要的大視窗,使用者在中間的工作區(灰色空白區塊)展開幾何模型(geometry),腳本(scripting),參 數等視窗進行各種工作。
- 用戶可以使用View 功能表選擇開啟或隱藏這些子視窗。

www.qi-well.com

Assign Materials
 Specify Excitation
 Add Sensors

Configure Grid

Configure Meshing Set Boundary Conditions

Generate Simulation View Results

5

/명치

• 切換子視窗的排列方式



😏 4G_and_5G_smartphone_antennas - XFdtd 7.9.1.3 (64-bit)



- View 菜單的 Geometry, Simulations, Results, Parameters, Scripting, Libraries 等選項可以切換子視窗的顯示與隱藏。
- XFdtd預設這些視窗都是打開之後堆疊在上圖中灰色的工作區, Geometry 子視窗預設最大化, 占滿整個工作區。

- Courte New - So Medidy - - Boolean ist Project 💌 😵 🛛 · OR Search: • Sensor Type Result Type reate Simulation: 🛟 FDTD 👻 Local Queue: • 11 🕨 Qu 🗛 • Id Name Far Zone Sensor Raw Steady-State Far System Sensor Waveguide Waveguide Mode Waveguide Node Available Power Axial Ratio • Dissipated Power E-Field (E) Effective Isotropic Ra 🕂 🏢 🐞 🦛 Import 🕐 E 2 mm 0.01 mm 1.75 mm 1.15 mm 2.85 mm 1.3 mm 0.3 mm 2.05 mm 0.00175 Simulation Name Result Type ep 5G antennas with pha. Voltage (V) Wave Wave Wave Wave Wave Wave Wave Far Z Sweep 5G antennas with pha. Current (I) Sweep 5G antennas with pha. Voltage (V) SG NortalWe Sweep 5G antennas with pha... Current (I) 5G NodalWaveguide 2 Pir veep 5G antennas with pha... Voltage (V 2.05 mm 2 mm 2 mm 0.2 mm 0.2 mm 0.2 mm 0.2 mm 0.1 mm 6 mm - Dy - 2*Wt... 3 7 even Sweep 5G antennaSweep 5G antennas with ph Sweep 5G antennas with pha... Voltage (V) Sweep 5G antennas with pha... Current (I) 5G NodalWa Sweep 5G antennas with pha. E-Field (E) Far Zone Senso ep 5G antennas with pha... Axial Ratio ldle eep 5G antennas with pha... Gain to 5G antennas with pha. Effective Is p 5G antennas with pha... Realized Gai 0.0059 ep 5G antennas with pha... Directivity Far Zone Sensor 5G antennas with pha... Voltage (V 5G NodalWaveguide 4/Pi 5G NodalWaveguide 4/Pi 0.67 mm 0.00067 5G antennas with pha... Current (I N 45 and 55 smartshone antennas File Edit View Macros Help +000000 COBS⊡ 5CXΩMS WINKSQUESTER Project 42, mod 35, mod 3 00 OX LON + 1 3 mirort #1 O Simulation OTUTIVI- 11 SQueen Lond - salationics 20 20 20 20 Id arr Date Created Status Completed Result Type 0.1 mm 2 mm 0.01 mm 1.75 mm 1.15 mm 2.85 mm 1.3 mm 0.3 mm 2.05 mm 2.26 mm 1.1 mm 0.2 mm 3.3 mm 0.2 mm 0.2 mm 0.3 mm 0.2 mm 0.2 mm 1e-05 0.00175 0.00113 0.00285 0.0013 0.0003 0.0003 0.0002 0.0002 0.0001 0.0002 eeep 5G antennas with pha. Current (I) eeep 5G antennas with pha. Voltage (V an 1: BLI POITS: Arman State Programming and Arman States's -Arman States (States) -Tamascop: 20 Mill Frequency States (States) -Mailann resolvable frequency States) -Therparency states (States) -Therparency states) -Therparency states (States) -Therparency states) -Therparency s weep 5G antennas with pha. Current I 5G NodaWaves Sweep 5G arternas with pha., Current () Sweep 5G arternas with pha., Voltage (V) Sweep 5G anternas with pha., Current () Sweep 5G anternas with pha., Voltage (V) Sweep 5G anternas with pha., Current ()

- 隨著工作進行,工作區的視窗可能變的淩亂,或是找不到要看的視窗。
- 可以透過畫面右下角的按鍵選擇排列方式 做整理。

📮 Tile

Cascade





Project: 4G_and_5G_smart	Parts List (All Parts Assistant	rts)	4								
Copper Ground Plane	Geometry	30	L				Parts List - I	Parts			
Modeling Sequence	³ ∭ Simulations	No Part	s or Assemblies are selected								Search: •
🖻 🔝 4G Antenna	💫 Results	ø	Name	\$		##	4	۲	*		Material
4G Copper	Parameters	2	👔 4G Antenna	50	√ ^{te}	√	all a	٠		D	4G Copper
Modeling Sequence	Corinting	1	👔 Copper Ground Plane	50	√ ^{te}	✓	_	۲		D	Copper
B Vagi Element 1	r scripting	3	💊 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark	<u>_</u>	۲		D	Copper
Go Top Horizontal	🕘 Libraries	4	💊 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark	_	۲		D	Copper
🖻 💕 Yagi Element 2		5	💊 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark	din a constante da constante constante da co	۲		D	Copper
🗉 🌑 Top Horizontal		6	💊 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark	_	۲		D	Copper
🖻 🚰 Yagi Element 3		7	🔝 Conducting Block	50	√ ^{te}	\checkmark	_	۲		D	Copper
🕀 🥎 Top Horizontal		8	🗾 Substrate	45	\sqrt{r}	\checkmark	₩	۲		D	Substrate
Yagi Element 4			Yagi Element 1					۲			
Top Horizontal			Yagi Element 2					۲			
Conner			Yagi Element 3					۲			
Modeling Sequence			Yagi Element 4					۲			
Substrate			5G Array					۲			

• 零件清單,使用者檢查/編輯零件的各種 設置的便利工具

• 完整的產品模型可能會有數千個零件,視窗左邊的樹狀零件清單就顯得不好操作了。

• View 功能表提供 Parts List 這個功能,可以打開零件表單視窗,用更為便利,有彈性的方式來操作, 是一個很有用的宏觀建模工具。









• 數位大的優先度高,和其他零件接觸 導致共用一個網格面時佔用網格。

• 按下後依照零件編號排序。

• 按下後依照零件名稱排序。

•	搜尋欄位元及設置功能表,可以輸入	
	關鍵字在指定欄位元搜尋零件。	

- 指定欄位包括名稱,材料,網格剖分順序,網格優先度等四個。
- 默認搜尋欄位為名稱及材料。





明.

www.qi-well.com

	3×					Parts List - Parts					×
	Selected Part: 5G Ar	ray/Yagi Elemer	nt 1/Top Horizontal							Search: •	E
	¢	Name	\$		#	4	*			Material	Δ
					L						
¢.	Name	\$							De		
8	🔝 Substrate	45	√ ^{tu}								
1	👔 Copper Ground Plane	50	√ ^{te}		Selecte	d Assembly: 5G Array					
2	🚺 4G Antenna	50	√ ^{te}			Name	\$				
5	💊 Top Horizontal	50	√ ^{te}		1	🔝 Copper Ground Plane	50	√ ^{te}	\checkmark		
6	💊 Top Horizontal	50	\checkmark^{k}		2	🔝 4G Antenna	50	\sqrt{c}	\checkmark		
7	1 Conducting Block	50	\checkmark^{n}		5	Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark		
	💕 Yagi Element 1		•		6	Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark		
	💕 Yagi Element 2				7	🔝 Conducting Block	50	\sqrt{c}	\checkmark		
	💕 Yagi Element 3				8	🔝 Substrate	45	\sqrt{c}	\checkmark		
	💕 Yagi Element 4				3	Top Horizontal	50	\sqrt{c}			
	📁 5G Array				4	💊 Top Horizontal	50	\sqrt{k}			
3	Top Horizontal	50				F Yagi Element 1					
4	Top Horizontal	50					• 按	下後依昭雬仕	是否有配合Fixed	Pointc網格到分铅罟排	
	 ・ 按下後依照 ・ 打勾的表示 ・ 使用者可以 	零件是否有酉 有相關網格語 把滑鼠停留在	一日一一日日 記合特定的網格剖分 2置,空白的表示沒 王欄位元上一段時間	設置區間排序。 有。 之後會顯示說			ァ 序。 ・ 打 ・ 使 明。	勾的表示有Fiz 利者可以把滑	xed Points 設置, 鼠停留在欄位元上	空白的表示沒有。 <u>-</u> 一段時間之後會顯示說	ž



÷.					-	Parts List	- Parts					>
Selected Part: 5	G Array/Yagi Elen	nent 1/Top Horizont	al								Search: •	E
	Name	\$			#	4	٢	*			Material	4
Ná	ame	\$		(11)	3	∇	-			此零件為一般六面體	響網格。	
a 👔 4G Anten	na	50	√ ^{te}	\checkmark	<i>@</i> %							
🔹 💊 Top Horiz	ontal	50	√ ^{te}	\checkmark	6							
🗊 Copper G	round Plane	50	√ ^{te}	\checkmark	-			%		此零件搭配Dielectr	ic Volume	
💊 Top Horiz	ontal	50	√ ^{te}	\checkmark	-			/0		Averaging 設置的-	一般六面體網格。	
🗊 Conductir	ng Block	50	√ ^{te}	√	-							
🛙 🗊 Substrate		45	√ ^{te}	\checkmark	₩		1			此零件搭配XFdtd的	iXact mesh,可以產生	+ 北百線的
💊 Top Horiz	ontal	50	√ ^{te}	\checkmark	4		40			高保形網格。	,Accention, JVA主	
💊 Top Horiz	ontal	50	√ ^{te}	\checkmark	4							
 ・ 按下後依 	照零件是否有醒	配合的網格剖方	式排序。	1			C	%	•	此零件搭配XFdtd的 也同時搭配Dielectr	JXact mesh,可以產生 ic Volume Averaging	生非直線的高保 g 設置。

- 按下後依照零件是否有配合的網格剖方式排序。
- 用圖形顯示5種不同配置。
- 使用者可以把滑鼠停留在欄位元上,一段時間之後會顯示 說明。

- - 不對此零件剖分網格,在網格上忽略此 零件,所占空間用free space 填充。





÷-						arts Lis	t - Parts							
Selected Part: 5G Array	7/Yagi Element	1/Top Horizontal									Search:	•		E
S N	lame	\$				4	ار ک	•			Materia			\triangle
Name	\$		#	4										
👔 Copper Ground Plane	50	√ ^{te}	1	H	@									a n
🗊 4G Antenna	50	√ ^{te}	\checkmark	-	۲	s and a second s	Name			#		۲	*	\sim
Yagi Element 1						1	Copper Ground Plane	50	Vie	√		۲	44	'
Top Horizontal	50	√ ^{te}	✓	-	@	2	1 4G Antenna	50	√ ^{te}	\checkmark	_	۲	\checkmark	1
Yagi Element 2						3	📀 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark	_	۲		ſ
Top Horizontal	50	fu.	1				📁 Yagi Element 1					۲		
Vagi Element 3						4	💊 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark		۲		1
Top Horizontal	50	_fa	1				F Yagi Element 2					٠		,
Vagi Element 4	50	•	•			5	Top Horizontal	50	√ ^{te}	√	-			-
Ganduation Plack		- Ar			-		dialect that the					Part	s visible	_++
	50	v "	v		e	-								
5G Array						_	• 按卜後依照	原零件是否	有附屬的定位	標記(loca	tor排序)			
📀 Top Horizontal	50	√ ^{te}	\checkmark	_			• 曾依照有-	一個locato	r,多個locator,	禾設置	ocator等條	भाषि, ह	F設置loo	cat
🗊 Substrate	45	\sqrt{k}	\checkmark	₩			況此欄位元	七空日。						

• 按下後依照零件是否隱藏排序。





• 此零件隱藏

• 此零件有多個locator附屬。 • 山





÷.								Parts Li	st - Parts						>
Sele	ecte	d Part: 5G A	\rray/Yag	i Elemer	nt 1/Top Horizontal									Search: •	6
	>		Name	e	\$		=	4	٢	*				Material	
							1	1	I	1					
*	ſ	∇		ø	Name	\$			#	4	۲	*			Material
	Γ	с		2	🗊 4G Antenna	50		$\sqrt{2}$	\checkmark	_	۲		D	4G Copper	
		н		1	👔 Copper Ground Plane	50		$\sqrt{2\pi}$	\checkmark	<u>_</u>	۲		D	Copper	
	1	м		3	💊 Top Horizontal	50		√ ^{ter}	√	_	۲		D	Copper	
	1	D		4	💊 Top Horizontal	50		√ ^{ter}	√	_	۲		D	Copper	
	1	D		5	💊 Top Horizontal	50		√ ^{ter}	√	_	۲		D	Copper	
		D		6	💊 Top Horizontal	50		$\sqrt{2\pi}$	\checkmark	_	۲		D	Copper	
		D		7	👔 Conducting Block	50		√ ^{te}	\checkmark	_	۲		D	Copper	
	1	D	20	8	🔝 Substrate	45		√ ^{te}	\checkmark	₽%	۲		D	Substrate	
					Vaci Element 1										

• 按下後依照零件圖形顯示設定序。

- C: 用戶自定
- D:預設值
- H: 高品質渲染
- M:中等品質渲染

^{≫此} 回 GI-WELL Co.,Lto

• 按下後依照零件的材料名稱排序。



Host Informa Host Name:	MSI		
Host ID:	Click to display Host IDs]	
License Loca	tion		
Specify the f multiple loca	ile(s), folder(s) and/or serv ations ";". For a floating lic	ers(s) to search for lic cense client, enter the	enses. Separate server and port.
Specify the f multiple loca E.g.: C:\Pro; 70 W133 W	ile(s), folder(s) and/or serv tions ";". For a floating lic gram Files\Common Files\F IE21_XG34_VE17_OI_Wel	ers(s) to search for lic cense client, enter the RemcomMicenses;1711	enses. Separate server and port. @zeus 49.220112. lic
Specify the f multiple locs E.g.: C:\Proj 79_WI33_W	ile(s), folder(s) and/or serv ttions ";". For a floating lic gram Files\Common Files\F IF21_XG34_VP17_QI_Wel	ers(s) to search for lic cense client, enter the Remcom\licenses;1711 Il_laptop_9cb6d0177a Browse	enses. Separate server and port. @zeus 49_220112 .lic Retry
Specify the f multiple loca E.g.: C:\Proj 79_WI33_W	ile(s), folder(s) and/or serv tions ";". For a floating lix gram Files/Common Files/F IF21_XG34_VP17_Q1_Wel w this window at startup	ers(s) to search for lic cense client, enter the Remcom\licenses;1711 Il_laptop_9cb6d0177a Browse	enses. Separate server and port. @zeus 49_220112 .lic Retry

• 開啟讀取license窗口。





項目樹(Project tree)



- 在XFdtd介面左側區域叫做專案樹(project tree),是用樹狀圖的方式列出模型中的 各種要素。
- 這些要素包括具體的零件,電路器件,波導,作為屬性的材料,作為收集資料 區域設置的sensor,環境設置的網格(FDTD),邊界條件,輸出的曲線圖等等。
- 樹狀圖節點也可以打開對零件或器件等作進一步編輯。
- 專案樹上方有一排控制按鍵, 可以切換是否顯示特定節點。





項目樹(Project tree)



項目樹(Project tree)



Static Voltage Points



- 可以在展開節點後打開右鍵 功能表做各種設置。
- 不同的要素展開後功能表内 容也會有不同



Definitions 節點



Copper Ground Plane Sensor 件標籤貼在Sensor上, 規範如何採集資料。

Copper Ground Plane

- Definitions 節點是一個相對獨立又對其他要 素有很大影響的節點,所以在本章節先說明, 各種要素的個別Definitions在後續童節詳述。
- Definitions可以視為一個標籤池,用戶在這 邊建立許多描述材料,波形, 器件特性及電 以及Sensor收集資料的標籤, 然後可以 當作概念上把這些標籤<mark>貼</mark>在對應的零件或器 件等要素上、賦予這些模型要素具體意義。
- 有的標籤也可以貼在其他標籤上,如 Waveform標籤可以貼在Components(器件)上, 用來描述這個器件發射的波形,也可以貼在 波導(Waveguide)上。
- 多個要素可以,共用一個標籤,例如數個零 件可以共用一個銅材料標籤。
- 標籤貼在模型要素上之後仍然和標籤池裡面 的標籤相關聯,用戶修改definitions裡面的 標籤會影響到所有使用這個標籤的要素。



Definitions 節點

• 貼附標籤的方式。



• 用滑鼠拖曳(drag-and-drop)的方式來貼附 標籤,圖中是把材料標籤拖到零件上。

www.qi-well.com



• 用右鍵功能表來貼附標籤到零件上。







- 標籤池裡面也可以存在兩個完全一樣的 標籤,在設計模型時可以用來區別特定 模組。
- 以材料為例, 左圖有兩個完全相同的銅 材料標籤, 僅顯示顏色不同, 各貼在一 個零件上, 這樣即使兩個零件用相同的 材料, 也可以分別。
- 模型設計上,可用於如<mark>區別模組之用</mark>, 如一支手機上有LTE天線和Wifi天線,都 是一樣的銅材料但是設計和分析上希望 能區別開來,就可以這樣安排。
- 除了可以在視覺上區分,也可以用在特 定零件功耗分析上(後續章節詳述)。
- 這種彈性提供設計模型的便利性,使用 者可以自行考量。







• Schematics Editor 是XFdtd7.10的重大更新,是XFdtd MIMO版的新功能,使用者可以建立電路模型, 附掛在FDTD網格上,經由後處理和物理模型連接起來呈現其對於天線的影響。



• 打開右鍵菜單選 New Schematic 建立新的 電路模型。





Schematics 節點





X	
Start Frequen	cy: 0.01 GHz
Stop Frequen	cy: 10 GHz
lumber of Poin	ts: 100 🗘
Sweep Ту	pe: Linear Logarithmic

• 設置分析的頻率範圍以及頻點取樣方式和頻點數。

Filters						Search:	
Analysis 🖉 Operating Mode			Δ	Sensor	Result	/	
All	All				All	All	
AC Analysis S-Parameter Analy	ysis	Default			System V V:V XF:Component	Available Power Characteristic Impedance Delivered Power I Input Power Net Available Power Net Input Power S-Parameters V VSWR	
Analysis 🛛	Operating	Mode	Sensor				
AC Analysis	Default		System	Net Inp	ut Power		
AC Analysis	Default		System	Net Ava	ilable Power		
AC Analysis	Default		V	V			
AC Analysis	Default		V	I			
AC Analysis	Default		V	Input Po	ower		
AC Analysis	Default		V	Availabl	e Power		
AC Analysis	Default		V	Charact	eristic Impedance		
AC Analysis	Default		XF:Component	V			
AC Analysis	Default		XF:Component	1			
AC Analysis	Default		XF:Component	Delivere	d Power		
S-Parameter An	Default		V	Charact	eristic Impedance		
S-Parameter An	Default		V	VSWR			
S-Parameter An	Default		V:V	S-Param	neters S11		

• 電路特性分析的結果頁面。



Schematics 節點

FDTD 🔻	Local Queue: -]]
FDTD	Name
Response Matrix	r 1 feed, No SS data
t Circuit Optimization	ut
🧰 Capacitance Matrix	
Post Processing	F Apply Circuit Simulation
st-processing Simulation us	ΣΨ Power / Phase Superposition Simulation
st-processing Simulation us	Harray Optimization
st processing Cimulation	ing Cohomotic "Cohomotic with EDTD and Con"

- 建立電路模型並完成分析之後,可以進一步把 電路模型附掛在天線激勵埠上,透過後處理求 得電路對系統的影響
- 在Simulations 頁面功能表選擇Post Process->Apply Circuit Simulation 將電路 附掛並進行後處理。
- 可以求得受到電路影響/補償/修正之後的 2D/3D電場和增益等輸出。

Name:	sing Simulatio	on using Schema	tic "Schematic"
Schema	tic		
Schemati	c: Schematic		•
FDTD Bloc	k: XF		•
Operating	g Modes:	Select All	Deselect All
	• 選擇電路的工	路並設置電 作模式。	
🖌 Notes			
0	reste Simulati	Dana	Carrent





Groups 節點

• 捷徑群組下也可以嵌套捷徑群組, 形成多層結構



他好有限公司 GI-WELL Co.,Ltd



腳本 (Scripts) 節點

- XFdtd的使用者可以透過撰寫腳本擴充功能函數或是增加自動化或後處理功能。
- 用戶可以透過腳本自行定制各種功能,用獨家的創意將原始XFdtd大幅定制化。

🕂 🚿 Scripts

- 🔅 New Macro Script
- New Function Script
- 🗘 🛱 Find Max
- Flatten Everything v2
- 腳本 (Scripts) 節點 , 用戶可以在這裡新建或導入腳本, 擴充XFdtd的功能。
- XFdtd的腳本分為 function 和 macro 兩種, function可以作為函數或資源在背景 自動被呼叫執行,或是被另一個macro呼叫, macro則是類似外部定制的擴充功能, 要被呼叫才會執行。

代表 macro 腳本。











• Function 腳本的右鍵菜單。

New Macro Script O Find Ma C Flatten F () New Function Script Graphs Import Scripts... Groups Open Function Script Shortcu Export Function Script G Part Call Function Copp Surfa 🐂 Edit Short I Rename... Pa T Delete Del Co Co Order Su Su Add to Shortcut Group... 匯出 function 腳本。 •

• 開啟 function 腳本。

- 開啟 macro 腳本。
- 右鍵功能表中的排序(order)選項在有多個function腳本定義一個同名的function時,排序在最底下的腳本會有定義權。

www.qi-well.com







• 開啟現存腳本的視窗, macro腳本的副檔名為xmacro, function腳本的副 檔名為xfunction。



腳本 (Scripts) 節點

- 腳本節點的右鍵菜選擇新建腳本或滑鼠 按兩下腳本即可打開腳本編輯視窗。
- 用戶可以在這個類似一般程式設計工具 的環境撰寫和執行腳本,做各種程式設 計工作。









腳本 (Scripts) 節點

- XFdtd 的腳本撰寫功能提供熟悉軟體的使用者進一步擴充軟體功能的可能性,使用者可以擴充一些軟體原本不具備的後處理功能或是將一些重複性的工作自動化。
- XFdtd腳本使用的語言是 QtScript, 是語法類似Java, 用戶依照 ECMAScript 規範撰寫, 用戶可以在以下 網站取得參考資訊:
 - 關於QtScript:<u>http://qt-project.org/doc/qt-4.8/ecmascript.html</u>.
 - 關於 ECMAScript 規範: <u>http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm</u>.
- 用戶也可以透過Help功能表打開軟體自帶的說明文件做參考。
- 用戶可以在XFdtd安裝資料夾內的scripts資料夾內找到軟體自帶的各種腳本做參考。
- 本教材的重點在軟體操作和建模,腳本撰寫和一般代碼撰寫程式設計工作相同,故不再贅述,使用者可以參考上述資訊撰寫腳本,需要協助時可以聯繫代理。





🖬 Graphs 🔝 Gain vs. phase shift 🔣 Gain vs. Angle 🔣 Gain vs. Angle 1 • Graphs 節點會用樹狀圖的方式把使用者繪製的各種輸出 資料曲線圖列在這裡。 • 圖形相關的各種操作在後續章節詳述。 Result Type Gain Far 2 View (default) Far Gain View Smith Chart iscrete Create Line Graph... Gain Far Z iscrete Create CDF Plot Gain Far liscrete Create Composite CDF Plot Gain Far Z screte Postprocess Far Zone Gain Far Zor Discrete Far Zone Correlation... Gain Far Zor Postprocess SAR Discrete Gain Far Zor Postprocess Thermal Data Discrete Combine SAR Results... Far Zor Gain Discrete View Superposition Definition Gain Far Zor Discrete Create New Superposition

Export

Unlist Project



• 用戶繪製一張新圖後,在Graphs節點列表 就會同時增加這張圖。



- XFdtd的各種曲線圖 (Graph) 物件是類似資料 容器 (container)的概念,而不是單純的點陣 圖。
- 使用者滑鼠按兩下或用右鍵功能表打開時, Graphs物件會去讀取資料再依照使用者的設置 呈現出來。
- 如果對應的資料有缺失,就會報錯提供用戶。

	View	
e Sp	Edit	•
Ĭ	Rename	
Ì	Delete	Del
\Rightarrow	Order	•
ß	Add to Shortcut Group	•

• Graphs的右鍵菜單。





• 主視窗右側的快速鍵可以打開一系列功能子視窗。

Use this assistant to guide you through the process of setting up a project.

Version Project Setup

Edit project properties

Start by specifying a few things in the Project Properties.

Recommended considerations are:

 Frequency range of interest Units

🗹 Add Materials	
🌠 Assign Materials	
Specify Excitation	
Madd Sensors	
🌠 Configure Grid	
🌠 Configure Meshing	
🗹 Set Boundary Conditions	

Generate Simulation

View Results

Add Geometry







List Project 💌 🗣	🕉 Unlist Proj	ject - U	Refresh		Sea	rch: •		•
imulation Number	∇	Sensor	Туре 🛆	Sensor		Result	Туре	4
JI		All Circuit C Far Zone Raw Ster System S Wavegu Wavegu Wavegu	iomponent 2 Sensor ady-State Far Zone Sensor ide ide Mode ide Mode ide Node	All Far Zone Sensor Far Zone Sensor X	Ŷ	All Axial R Directiv E-Field Effectiv Gain Realize	atio vity (E) e Isotropic Radi d Gain	ated
Result Type	Ser	nsor	Sensor Type	Domain	Field	Type	Status	-
Result Type Gain	Ser Far Zone	nsor e Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque	Field Total	Туре	Status Complete	Ph
Result Type Gain Gain	Far Zone	nsor e Sensor e Sens	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque	Field Total Total	Туре	Status Complete Complete	Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sens e Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete	Ph Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sens e Sensor e Sens	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field ⁷ Total Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete Complete	Ph Ph Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sens e Sensor e Sens e Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field Total Total Total Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete Complete Complete	Ph Ph Ph Ph Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sens e Sensor e Sens e Sensor e Sens	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field ⁷ Total Total Total Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete Complete Complete	Ph Ph Ph Ph Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain Gain Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sens e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field Total Total Total Total Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete Complete Complete Complete	Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain Gain Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor e Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field Total Total Total Total Total Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete Complete Complete Complete Complete	Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph
Result Type Gain Gain Gain Gain Gain Gain Gain	Far Zone Far Zone	nsor e Sensor e Sensor e Sens e Sensor e Sens e Sensor e Sensor e Sens e Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque Discrete Freque	Field 1 Total Total Total Total Total Total Total Total	Туре	Status Complete Complete Complete Complete Complete Complete Complete Complete	Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph

• 用Results按鍵打開模擬輸出視窗。



9			Parameters	
🕂 🏢 🔞 🖛 Imp	ort 🛃 🛃 Export			
Name 🗸	Formula	Value	Description	
🚹 timestep	3.93135e-14	3.931350415	Simulation timestep in seconds	
🔯 Phase_Shift	0	0		
💿 W5	0.1 mm	0.0001		
🔞 W6	.2 mm	0.0002		
🐼 t	0.01 mm	1e-05		
🐼 L1	1.75 mm	0.00175		
🐼 L2	1.15 mm	0.00115		
🐼 L3	2.85 mm	0.00285		
🐼 L4	1.3 mm	0.0013		
🐼 Wb	0.3 mm	0.0003		
🐼 L5	2.05 mm	0.00205		
🐼 S5	.2 mm	0.0002		
🔞 S6	.1 mm	0.0001		
💿 Wf	0.2 mm	0.0002		
🐼 len4g	70 mm	0.07		
🐼 Lf	3.3 mm	0.0033		
🔞 Sf	0.2 mm	0.0002		
•				()
Revert				Apply

• 用Parameters按鍵打開參數清單視窗。

	Col 1 per or Choose a Punctione) Col 1 Co	
New Maro Sonpt I, Col 1 ye or Choose # Function ① ① ① ① ① ① ① ① ① ① ① ① ①	Col I ye or Choose a Function] T	
1, Col 1 ye or Choose a Fraction] · ② ●	, Col 1 pe or Choose a Function) T () ()	
1, Cd I ye or Chowe + Function] · ⑦ ⑦	, Col 1 pe or Choose a Feaction) • (1)	
I. Col I ye of Choose a Fraction ▼ ③ ④	, Col 1 pe or Choose a Peaction) 🔹 🕢 💽	
	, Col I ge of Cloose a Featfora) • () ()	
I. Col I ye of Choose + Fraction] ● ② ③	, Col 1 ge or Choose a Peaction] = ① ②	
I. Cel I ye or Choose a Fractional ● ⑧ ● Fractional ● ●	, Col 1 ge or Choose a Feaction) - O O	
I, Gd I ye or Choose a Fraction] ・ ② ②	, Col I ge or Choose a Peaction] T (0) (0)	
1, Col 1 ye or Choose a Fraction] ・ ② ④	, Col 1 pe or Choose a Fraction)	
ye or Chrone + Functional ・ ② ③	pe or Choose a Function]	
		a 15 1
	 用Scripting按键打開腳本程= 	τĊ



右側快速鍵列





Simulations 子窗口

- Simulation 子視窗可以用來建立 以及管理模擬工作,用戶完成建 模後可以到這邊來規劃和執行模 擬。。
- 用戶可以選擇要執行哪一種模擬 或後處理,並且指定模擬要使用 的硬體資源。
- 使用者也可以在這個視窗檢視模 擬過程XFdtd的回饋,或是中斷一 個執行中的模擬。
- 細節於後續章節詳述。
 - 選擇要進行的模擬或後處理。 ←

2	Simulati	ons		2 ×
reate Simulation: 🛟 FDTD 🔻	Local Queue: •]] >	Queue: Local • Select	ted Simulation(s): 🕵 퇇 📋	
ld	Name	Date Created	Status	
000002 phasing set for Theta=0), Phi=0	週三 六月 26 12:05:12 2019	Completed	
000003 phasing set for Theta=1	0, Phi=90	週三 六月 26 12:05:18 2019	Completed	
000004 phasing set for Theta=2	20, Phi=90	週三 六月 26 12:05:25 2019	Completed	• 執行, 排隊, 刪除
000005 phasing set for Theta=3	0, Phi=90	週三 六月 26 12:05:30 2019	Completed	以及停止序列中的
000006 phasing set for Theta=4	10, Phi=90	週三 六月 26 12:05:35 2019	Completed	─────────────────────────────────────
000007 phasing set for Theta=5	i0, Phi=90	週三 六月 26 12:05:40 2019	Completed	- 11
000008 phasing set for Theta=6	60. Phi=90	调三六月 26 12:05:46 2019	Completed	- 1
000009 phasing set for Theta=7	70. Phi=90	週三六月 26 12:05:51 2019	Completed	
000010 phasing set for Theta=4	45 Phi=0	週三六月 26 12:05:57 2019	Completed	
000011 phasing set for Theta			Completed	
Run 1: All Ports: Port 1: Component Port 2: Component Port 3: Component Port 4: Component	11 21 31 41 • 各種问領	書資訊以及進度回報。		執行中的榠擬,止 在排隊的模擬等模 擬工作列表。
Port 5: Component Port 6: Component Port 7: Component Port 8: Component Port 9: Component Port 10: Componen Port 11: Componen Port 12: Componen	5 1 6 1 7 1 8 1 1 2 t 2 2 t 3 2 t 4 2			

選擇與設置要使用的硬體資

源。如GPU式CPU核心數

• 選擇在遠端的伺服器或本地

劫行横擬




• Results子視窗會表列出工程中每一次模擬的輸出,用戶可以在此搜尋模擬結果並視覺化,細節後述。

		Results	5		- 0			• Simple
💊 List Project 🔻 😒	§ Unlist Project - 🕻	5 Refresh		Search: •		•		Regular Expression
Simulation Number All 2 1	Sensor All Circuit (Far Zon Raw Ste System Wavegu Wavegu Wavegu	Component ne Sensor eady-State Far Zone I Sensor uide uide Mode uide Node	Sensor All Far Zone Sensor Far Zone Sensor X	Y Result All Axial R Directi E-Field Effecti Gain Realize	t Type Ratio ivity d (E) ve Isotropic Radiate ed Gain	6d	 ・提供四個屬性篩選欄 位元,使用者可以自 定要使用的屬性。 透過這四個欄位的篩 選,符合條件的輸出 資料會在下方列出。 	Search These Fields: Project ID Project Name Simulation ID Simulation Number Simulation Name Run ID Run Number Project : Simulation : Run Result Type Sensor Sensor Type
Result Type Gain	Sensor Far Zone Sensor	Sensor Type Far Zone Sensor	Domain Discrete Freque	Field Type Total	Status Complete	▲ Ph	• 列出符合條件的輸出 資料。	 X Domain X Field Type X Status
Gain	Far Zone Sens	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph		X Misc Info
Gain	Far Zone Sensor	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph	• 使用者可以在此區域	× Notes
Gain	Far Zone Sens	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph	選擇要續圖,視覺化	
Gain	Far Zone Sensor	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph	以作具他後處埋操作	使用者可以使用視窗右上
Gain	Far Zone Sens	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph	的快速制造。	角的搜尋欄位元來找到特
Gain	Far Zone Sensor	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Iotal	Complete	Ph Db	。佐田老司以然去雜市	定資料。
Gain	Far Zone Sens	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph	* 使用有り以促口延り 此主题理相准仁的场	可以自訂要搜尋的範圍和
Gain	Far Zone Sens	Far Zone Sensor	Discrete Freque	Total	Complete	Ph	形衣医泽心连门切涂 作。不同的脸中可能	屬性
	Tor Zone Sells		biserete rrequein	- notad			有不同選項。	Well Laws to a

Search: •

Cimula

Search Type:

Results 子窗口

Result Type	Sensor	Sen	sor Type	Domain	Field Type	Status
Gain	Far Zone Sens	Far Zon	View (defa	ult)	Total	Complete
Gain	Far Zone Sensor	Far Zon	View Smith Chart		Total	Complete
Gain	Far Zone Sens	Far Zon	Create Line	e Graph	Total	Complete
Gain	Far Zone Sens	Far Zon	Create CDF Plot Create Composite CDF Plot		Total	Complete
Gain	Far Zone Sens	Far Zon			Total	Complete
			Postprocess SAR Postprocess Thermal Data Combine SAR Results View Superposition Definition Create New Superposition			
			Export		Export to CITI	file
			Unlist Proj	ect	Export to Touc	hstone file
X					Export to '.s' file Export to UAN file Export to Text file Export to Matlab	
					Export to CSV. Export as Wire Export to Opte	H <mark>ess Insite Array</mark> Inni Lab
					Export to MIM	Obit

• 使用者可以透過右鍵功能表選擇視覺化或匯出模擬結果,或滑鼠 按兩下用預設方式檢視。 www.qi-well.com





• 繪製各種三維場形圖。

・ 以XFdtd支援的格式匯出。





(🖂			Parameters	_ 0 ×
+ 💼 🔞 🖘 Imp	ort 🛃 Export			
Name 🗸	Formula	Value	Description	•
Timestep	1.94394e-14	1.943940300	Simulation timestep in seconds	
💿 phase41	0.00	0		# # # # # # # # #
💿 phase42	-127.27	-127.27		
💿 phase43	105.44	105.44		
🔞 phase44	-21.83	-21.83		
🕼 Lc	wl/4	0.002678571		
💿 phase45	-149.11	-149.11		
💿 phase46	83.60	83.6		
🔞 cpw	90	90		
🔞 phase47	-43.67	-43.67		
💿 phase48	-170.95	-170.95		
📧 Lm	0.6269 mm	0.0006269		
🔞 phase11	0.00	0		
(phase12	-127.27	-127.27		
🔞 phase13	105.44	105.44		
🔞 phase14	-21.83	-21.83		
(phase 15	-149.11	-149.11		
🔞 phase16	83.60	83.6		
🔞 phase17	-43.67	-43.67		-
🔞 phase18	-170.95	-170.95		•

- 用戶可以打開 parameters 子視 窗,在這邊設置各種用於模型中 的變數。
- XFdtd的模型中必有一個變數叫 timestep (時步),這個變數由 XFdtd自行基於頻率等模擬條件自 行控制,用戶不能自行更改。
- 使用者可以設置任意數量的變數 在模型中以及腳本中使用,一次 模擬要使用多少變數,模型有多 複雜,使用者可以自己控制。





🐄 XEdtd - Create EDTD Simulation Connections Properties · 參數化模擬操作流程概述, 詳情見於後續章節。 Endnaint 2 (1). Par 💦 Name: Waveguide Source(s), Param sweep 6 runs, SS data at user-spec'd freqs X: feedx + 2*(Lc+Lc) Si X: feedx + 2* (Lc+Lc) S 🔞 Setup Parameter Sweeps - (6 runs) **Parameters** _ 0 × Y: 0 mm Y: 0 mm **Z:** 0 mm Perform Parameter Sweep Z: -0.254 mm + 🛙 📋 0 import 🖍 Export Name Formula Value Description 🚳 📋 🕉 🖒 Runs: 6 Parameter to Sweep: Timestep 4.75185e-13 4.75185406740433e-13 Simulation timestep in seconds Sweep Type: Start, Incr., Count Sequence 1 (Runs:6) 🔞 frequency Evaluated Values: 79 GHz 7900000000 Parameter with units Թ Phase_Shift (6 Values): -120 -> 180 ඟ w 2*PI*frequency 496371639267.187 Reuse a parameter and Math coefficient 🐼 t Endpoint 1 1e-12 1 ps 🔞 sinWave sin(w*t) 0.476238203667939 Math function • 在設置模擬的simulations窗口, 勾選 Perform Parameters Sweep. Revert **Circuit Component Definition Editor** • 選擇要使用的變數以及設置變化的範圍 • 在符合XFdtd的名稱以及 和方式。 公式規範條件内設置參數。 Name: ohm Voltage Source 3 1 Type: Feed Resistance: 50 ohm $\sim\sim\sim\sim$ • 可以選用多個變數混搭,進行複雜的參 • Formula欄位元可以是一 Inductance: 0 nH 數探索。 Capacitance: 0 pF 個數值或是一個函數, RLC Arrangement: All Series • 完成相關設置後進行模擬。 ÷(+-) • 變數可以被用在模型和腳 Matching Circuit: «None» 本裡, Feed Type: • Voltage O Current Amplitude: 1 V Result Type Sensor Sensor Type Domain Field Type Status Phase Shift: phase31" Phase_Shift = -120 Voltage (V) 5G NodalWav.. Waveguide Node Time N/A Complete Time Delay: 0 us Phase_Shift = -120 Current (I) 5G NodalWav... Waveguide Node Time N/A Complete Waveform: Automatic Voltage (V) 5G NodalWay. Waveguide Node Complete Phase Shift = -120 Discrete Freque... N/A Current (I) 5G NodalWav... Waveguide Node Discrete Freque... N/A Complete Phase_Shift = -120 Waveguide Node Voltage (V) 5G NodalWay... Time N/A Complete Phase_Shift = -120

• 將變數填寫在模型中的相關欄位元,有單位的話空一格填寫如長度,頻率等單位。

• 在輸出視窗會有輸出對應的參數標記。





• XFdtd有一個資料庫,除了自帶的常用工業材料資料之外,使用者也可以自行擴充器件,零件, 腳本,圖形格式等專案,並在區域網路內分享。

<i>i</i>	Librarie	s	_ O ×				
Libraries	+ % %	Search: •	8				
 C:/Users/minso/Documents/f C:/Users/minso/Documents/f Materials- Commercial Metal Materials- Generic Dielectrics Materials- Other (C:/Program Materials- Pure Metals (C:/Program Materials- Rogers Corp (C:/Program Materials- Taconic (C:/Program 	REMCOM/XFdtd/libraries/new lib 1 (C REMCOM/XFdtd/libraries/lib2 (C:/Use s and Alloys (C:/Program Files/Remco (C:/Program Files/Remcom/XFdtd 7.9 Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries/l ogram Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libr m Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libr m Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries	Filters Bundles Parts Circuit Components Waveguide Interfaces External Excitations Sensors Materials Waveforms Component Definitions Sensor Definitions Sensor Definitions Graphs Unknown 案。	的各種分類專				
•							
Name Note	s						
▪ ₽ Definitions Materials ・ 資料庫内	● 資料庫内的各種分類專案下的資料清單。						
			ປ 🔀 🗈 🖬				
No object libraries selected.			li.				

- XFdtd自帶的資料庫除了原本的材料資料之外, 使用者也可以自行擴充。
- 使用者先在左上方視窗選擇要檢視的資料庫, 如軟體自帶的Materials-Generic Dielectrics.
- 選擇資料庫之後在右上方的視窗選擇類別,如 Materials.
- 選擇資料庫和類別後在視窗下方的資料清單欄 位元就會出現資料庫中存在的資料,使用者可 以依照需要選用。







• 從資料庫帶入資料到模型中的操作。





• 從數從模型帶入資料庫的操作。

🛬 sandbox* - XFdtd 7.9.1.3 (64-bit)	• 滑鼠直接專案樹中的要素到對		
File Edit View Macros Help	//////////////////////////////////////	Librarie	
 Project: sandbox Project: sandbox Parts Part1 Part2 Circuit Components Waveguide Interfaces Ketrnal Excitations Static Voltage Points 	Libraries C:/Users/minso/Documents/REMCOM/XFdtd/libraries/new lib 1 (C:/ C:/Users/minso/Documents/REMCOM/XFdtd/libraries/lib2 (C:/Users Materials- Commercial Metals and Alloys (C:/Program Files/Remcom/ Materials- Generic Dielectrics (C:/Program Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries/M Materials- Other (C:/Program Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries/M Materials- Pure Metals (C:/Program Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries/M Materials- Rogers Corp (C:/Program Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries/M Materials- Taconic (C:/Program Files/Remcom/XFdtd 7.9.1/libraries/M	+ % % ///sers/minso/Documents/Rem/XFdtd 7.9.1/libraries/ 1/libraries/Materials- Claterials- Other) rics/Materials- Pure Mearies/Materials- Rogers Materials- Taconic)	Notes
 Edit Edit Cut Copy Delete Del Encrypt Copy Full At Paste Paste Tuble Tuble 	Libraries Libraries C:/Users/minso/Documents/REMCOM/ C:/Users/minso/Documents/REMCOM/ Materials- Commercial Metals and Allor Materials- Generic Dielectrics (C:/Program Files/Ren Materials- Other (C:/Program Files/Ren Materials- Pure Metals (C:/Program File Materials- Rogers Corp (C:/Program File Not (Load Load New Unload Del Paste Ctrl+V Rename 中打開右鍵功 將要素加入資 	创新加入資料庫 專零件。



設計模型的參考流程





- 各種模擬軟體都發展自獨特的技術路線,基於這些不同的技術路線發展的模擬軟體在介面設計以及建模流程上都 不盡相同,不同軟體就像不一樣的車,有不同的工作模式和術語,因此使用者在接觸一套新的模擬軟體的時候, 可以暫時先放下一些習慣和認知,先去瞭解和融入目前操作的軟體的設計思路,便於比較快進入狀況。
- XFdtd是基於時域有限差分法(FDTD)的模擬軟體,計算實質上是在網格上進行,用戶繪製或導入的零件是建立網格 的參考依據,所以網格是否如實的描述模型會很直接的影響到模擬結果,反過來說,如果模擬結果不理想,先檢 查網格是不是失真也是個很好的方向。
- 幾何模型如果過度簡化會讓用戶失去調整模型的彈性,有的使用者喜歡把大量同材料的零件結合成一個大零件然後導入XFdtd,甚至有時候會把一個原本有上千個零件的模型簡化成不到十個零件,這樣雖然看似簡單,但是會導致模型無法微調,在需要調整一些局部區域或特定零件的網格設置來改善模擬結果時(如調整天線或一些導線的網格設置),由於個別零件已經被吸收進大零件裡面了,失去獨立性,無法獨立調整目標零件的網格,只要調整網格設置就幾乎等同整個模型大量增加網格數,或是顧此失彼,設置互相衝突,反而會非常不方便,因此至少要在天線,激勵(port,waveguide)還有關鍵的導體附近維持足夠的分件,這樣在調整和優化模型的時候才有抓手。
- 當建模需要在網格或硬體資源使用上有取捨的時候,建議用戶優先維持天線和天線附近結構的精確度,儘量避免激勵(port)偏移或傾斜,在網格上有競爭的時候,優先考慮導體在網格上的完整和盡可能精確。





- 新用戶在剛開始的時候可以先建一個簡單的模型(類似教程案例的只有天線和基板的模型)來上手,熟
 悉後在逐漸增加複雜度,或是把目標模型的CAD文檔導入。
- XFdtd的繪圖功能可以繪製很複雜的3D模型,不過在建立完整的產品模型時還是建議考慮以導入的 CAD文檔為主,用戶使用XFdtd的繪圖功能做輔助和補充。
- 導入CAD文檔時記得要勾選Heal功能,XFdtd會做一些前處理修正模型,讓零件適合模擬使用,畢竟機構或工業設計團隊製圖的考量可能著重外觀和製造,不一定會考慮到模擬使用,也有可能會需要請結構團隊對特定零件做編輯再發過來的時候。
- 如果一下子手頭上沒有完整的材料參數,可以現在XFdtd的資料庫找合適或接近的用,比方說工業用 的銅材料有很多種,使用者不一定知道自己目標模型用的是哪一種銅材料或是精確的材料參數,可以 先找一個接近的,讓模型和模擬跑起來,後面再慢慢改善。





- 用戶可以先放下記憶體用量的迷思,不要被理論上的主機板記憶體或GPU顯存用量嚇到,記憶體/顯存用量大不必然等於模擬時間很長大膽的使用XFdtd的ProGrid Project Optimized Gridding功能,讓XFdfd自動依照頻率,材料特性,零件幾何特徵剖分出一個至少可以運作,較大概率跑出合理結果的自我調整網格(adaptive mesh)。
 - 現在的模型和天線設計都越來越複雜,形狀變化很多,用戶用固定大小的立方體網格手動剖分難以建立能偶確實描述模型的 網格,雖然可能看似節省記憶體,但結果可能導致網格嚴重失真,模擬反而跑不出結果或是結果誤差很大,為了節省記憶體 或GPU顯存,短時間跑出不精確或不正確的結果,或者用的顯存/記憶體看似很少但是卻跑很長時間然後發散了都不是理想的 設置,在硬體資源足夠的情況下,可以大膽一點使用。
 - FDTD的計算收斂意味著能量透過邊界發散到外面去,離開系統了,嚴重失真的網格可能導致電場發展被阻斷,能量傳播不出去,計算反而會在很長時間之後發散掉。
 - 由於手動剖分固定大小的網格很難在結構細節等較為微觀的地方面面俱到,而自動剖分網格功能比較不會顧此失彼,所以筆 者經常看到新用戶手動剖分網格看似使用不到100MB GPU 顯存,但是網格失真了,反而在數小時的計算後發散掉了沒有得到 有意義的結果,反而用自動剖分功能雖然看似GPU顯存用量較多,有時可能一倍以上甚至更多,但卻因為網格足夠精確描述 模型特性,反而在很短或相對短的時間收斂,跑出合理結果,筆者看過數小時對幾分鐘的案例。





- 同時有多張不同的CUDA相容GPU的時候,CUDA驅動不一定會把性能最好最高端的GPU排在最前面, 而XFdtd會挑排最前面的先用,所以用戶要注意相關設置,避免高端GPU閒置的情況。
- 並不是所有的計算都是用GPU在做,像是SAR等類似統計的計算則是CPU在做,可以視為後處理,如果 CPU核心數較少或是主機板記憶體/硬碟效能較差,有可能在這個環節耗費大量時間。
- 模擬不一定會一次到位得到令人滿意的結果,原因可能很多,用戶可以先以得到合理的指示性結果比 方說接近的諧振頻點,或是合理的場形趨勢為目的建模和模擬,先求有再求好,然後再進一步的從物 理和網格的角度切入,優化模型改善輸出,隨著經驗累積對軟體也更瞭解,使用者建模會更順利。
- 給模型除錯/優化的時候可以先考慮從網格切入,然後考慮材料設置是否正確描述材料在(頻點/頻段) 特性這個順序。





- XFdtd會提供許多模擬輸出,如果用戶想看的輸出不在提供範圍內,可以先考慮看有相同指示性的物理量是否趨勢相同,需要更進一步的資料可以考慮匯出資料作手動後處理或寫腳本來擴充功能。
- 合理的模擬結果已經具有明確指示性的情況下,使用者可以自己考慮要修改/微調模型以及投入更多 硬體資源和計算時間來提高精確度到什麼程度,並不一定要和量測值吻合到幾乎沒有誤差,反過來說, 用於量測的樣品以及量產品本身也會存在公差,製造用的工業材料也不是理想均質的,所以即便量測 過程和設備沒有問題,原本實務上這些資料就會存在浮動,因此用戶可以基於實際的需求來考慮要做 到什麼程度,所以在某種意義上,精確度其實是用戶決定的。
- 增加GPU等硬體資源會提高計算效能,但不見得是線性提升,一些用於遊戲光影渲染的功能不見得對 模擬有用,用戶在擴充/升級硬體資源時,可以先考慮GPU的顯存夠用,CPU核心數(對SAR等候處理有 影響)以及用固態硬碟提高文檔寫入效能等方向。



Next Chapter

• 下一章節: Geometry 建模





聯繫方式

微信公眾號: Remcom模擬模擬世界



QQ群: REMCOM模擬軟體資訊 QQ群號: 439531441

Wechat ID : CAEsoftware0822

手機號 + 86 18411033831 李先生 + 86 13524674000 馬小姐

