

Wireless Insite (4.0)

教程 繁體中文版第四章 材料

- 這份教材歡迎任何有需要的用戶索取，並且可以自由分享或是引用其內容
- 這份教材基于實際操作及作者的經驗，盡可能寫的淺顯易懂不要太嚴肅，讓讀者能愉快的學習軟體

Wireless Insite 4.0 材料設置

材料設置：Wireless Insite材料的觀念

- 在Wireless InSite模擬場景中，所有環境特徵都會被剖分成許多平面，經重建後在場景中呈現。
- 模擬場景中的材料是這些大小不一的平面的屬性，它決定了電磁波與這些平面接觸後可能產生的物理現象及能量損耗。
- 用戶在建立環境特徵時，Wireless InSite會同時對環境特徵的局部或全部表面附加材料屬性；用戶導入的CAD文檔所建立的環境特徵也會被自動賦予默認材料，之後用戶可自行修改材料種類或參數。
- 模擬場景中的所有表面，無論其大小或形狀，都必須設置材料屬性。若未完整設置，則無法進行模擬。通常這一工作大部分由軟體自動完成，用戶只需檢查材料選用是否恰當，並修改參數即可。
- 除了蒙地卡羅材料之外，Wireless Insite 會默認所有表面皆為均質材料，每一個位置作為作用點，材料參數都相同

材料設置：Wireless Insite材料的與射綫跟踪算法的關係

- Wireless Insite的模擬場景中，射綫接觸物體的表面，接著發生反射, 透射，繞射，散射/漫反射等現象的同時也消耗能量，產生多段路徑，一直到到達接收端為止。
- 射綫接觸物體的表面，會發生的行為跟物理現象，由材料特性決定，所謂的材料(Material)在Wireless Insite代表的是對路徑或能量損耗的影響，而不是描述特定均質物體的物理特性。
- 材料的影響觀念上可以理解為兩個階段，第1個階段是射綫接觸到了一個表面(Surface)，第2個階段是軟體去判斷材料對路徑造成的影響以及對訊號的能量造成的影響。
- Wireless Insite 中的材料，是用特定數學模型來描述一個面(Surface)的物理特性，唯一的例外是植被類型feature的材料，這一類材料代表的是一個區域
- 模型中在同一個位置的一個表面，可以透過材料的配置，變成多層不同材料組合成的複雜材料
- 用戶建立了逼真的模型後可以進一步調整以及配置材料,讓模型更貼近真實的狀況

材料設置：Wireless Insite材料的觀念

- Wireless Insite軟體自帶材料數據庫，建模時軟體會同時將材料配置于用戶建立或導入的環境特徵(feature)，一個環境特徵通常會由多個表面(Surface)構成，每一個表面都可以配置不同的材料
- 依照材料特性以及模擬的需要，Wireless Insite將材料分成數個不同種類。
- Wireless Insite 用不同數學模型描述不同種類材料，不同種類材料在跟射綫接觸時會有不同的行為，對路徑造成不同的影響，有的材料不會發生透射，功率損耗等計算方式也不盡相同，數學相關的細節和公式，用戶可以在，原文說明書(Reference Manual)第10章找到，這一份教材的重點在操作和應用，故不詳加敘述
- 用戶可以依照建模的需要，或訊號頻率等條件，并依照現場狀況或是經驗考慮合理的物理現象來選擇正確的材料種類并且視需要調整參數
- 用戶也可以建立自定義的材料來使用,細節可以參考原文說明書(Reference Manual)附錄 F 一節

Material : 材料的種類

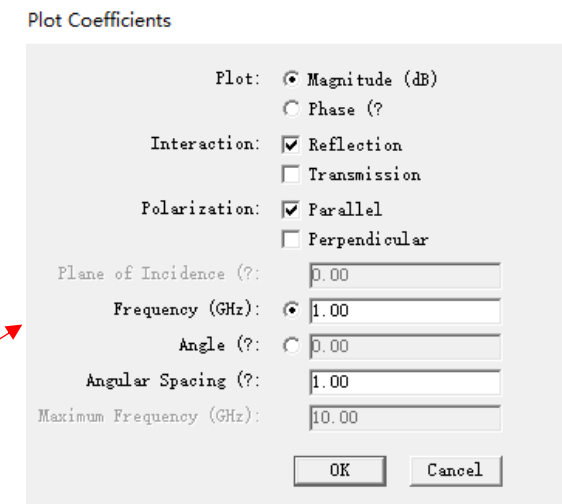
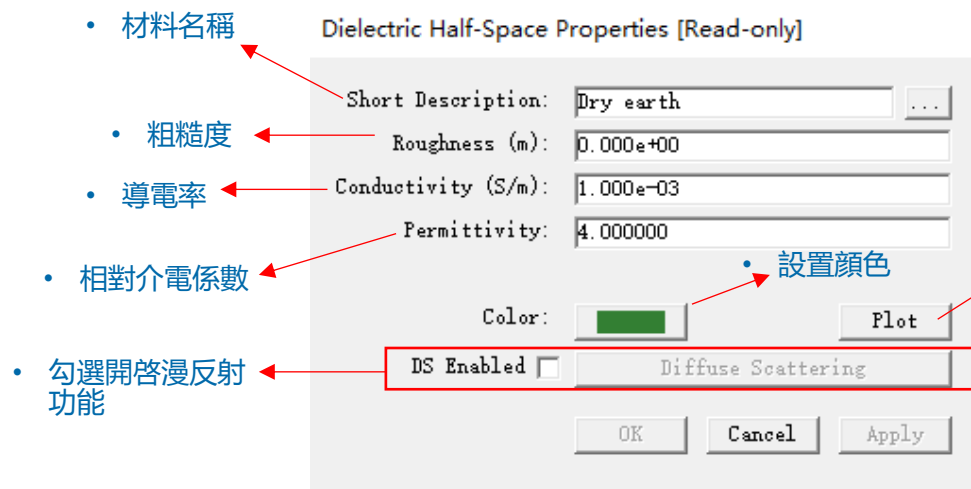
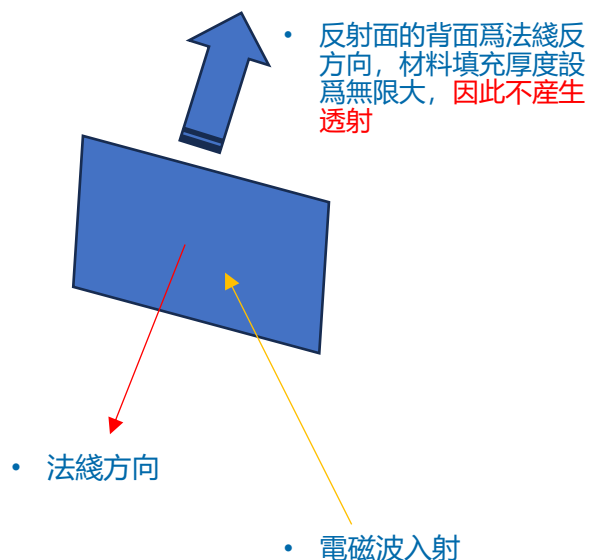
- Wireless Insite 的材料分為兩大類別，分別是植被與非植被類型的材料(或稱為生物材料，attenuation)，前者可以用于絕大多數的環境特徵，後者僅能用于植被。
- 非植被類型材料，一共有9種，包含兩種額外衍生出來的蒙蒂卡羅(Monte Carlo)材料。
- 蒙蒂卡羅材料中的Multi-Material材料，代表的是一個表面可能由多種不同的材料不均勻的分布所構成，因而用一個隨機性質的數學模型來描述射線在這個平面上可能接觸到不同材料的現象。
- 蒙蒂卡羅材料中的Variable Parameter材料，代表的是介電係數，厚度，粗糙度等參數，可能會以均勻（uniform）分布或是正態(normal)分布的方式變化的材料。
- 無論用戶選擇針葉林或闊葉林等哪一種植被，X3D傳播模型會把所有的植被視為同一種概念化的衰减阻尼(attenuation)，傳播路徑穿透這種阻尼填充的區域會承受較多額外的損耗
- 材料數據庫中的針葉林或闊葉林等植被材料其特性差異只在用戶使用Full 3D 傳播模型的時候呈現出來，用X3D的話這些材料對傳播的影響則無差異

Material : 材料的種類

名稱	特性
Constant Coefficient	參數不隨入射角變化，如完美吸波材料(Perfect Absorber)
Dielectric Half-Space	可以視為假設材料厚度為無限大，不發生透射
Engineered Surface	EES材料，用于智能反射面
Free Space	自由空間，如打開的門洞
Frequency Dependent Layered Dielectric	參數隨頻率變化的多層材料
Layered Dielectric	多層介電材料
Perfect Electrical Conductor	完美導體，可用于指代場景中金屬材料
PEC Backed Layer	PEC底層材料，最底層為PEC的多層材料，不發生透射
User-Defined	用戶自定義材料
Biophysical	主要為用于舊版Full 3D傳播模型的草叢或闊葉林等植被材料
Attenuation	主要為用于新版傳播模型X3D 的植被材料

Material : 半空間介電材料(Dielectric Half-Space)

- Dielectric Half-Space :這種材料不會有透射的現象,透射係數為0，反射係數可以隨著頻率以及入射角而改變，最常見的是建築物輪廓(City)類別的大樓外牆還有地形(Terrain)，定義這種材料需要的參數包括，介電係數，導電度，表面粗糙度還有厚度，**不發生透射**。



- 繪製材料參數曲綫圖

Material : 多層材料

- Layered Dielectric : 這是一種用有限厚度的多層材料構成的材料種類，可以想像成多層板材，每一層可以是不同的物質，厚度也可以不一樣，定義這種材料需要的參數包括，介電係數，導電度，表面粗糙度還有厚度，模擬時會假設電磁波必然先接觸第1層且從第1層入射，發生反射時以第一層的參數做計算。

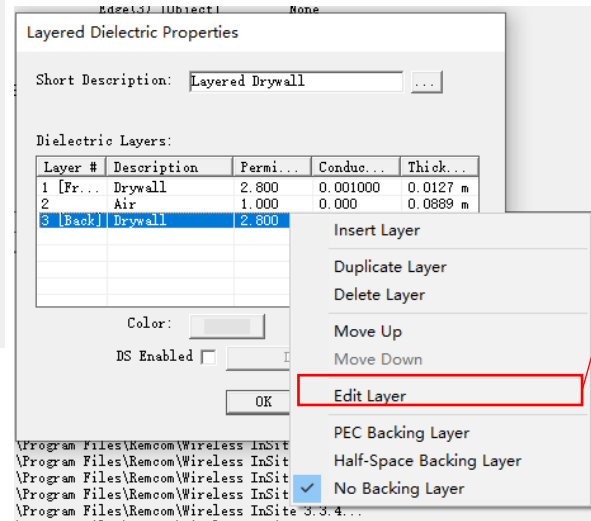
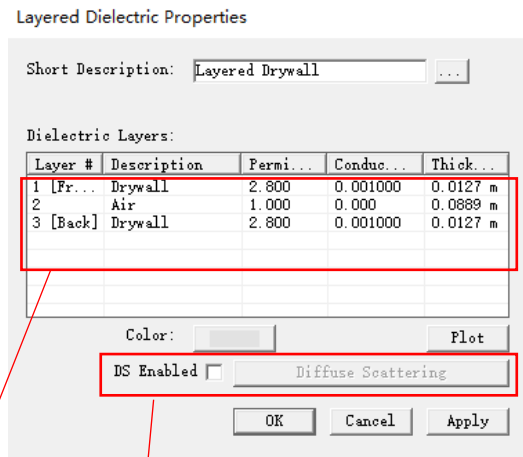
• 電磁波入射

• 電磁波透射

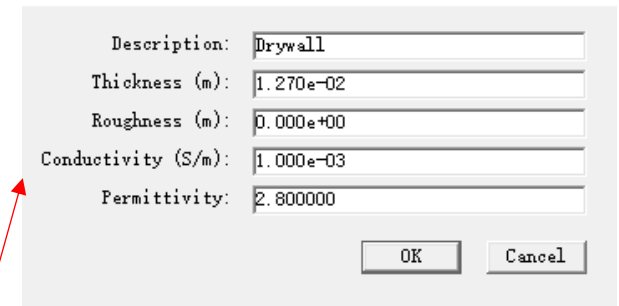
• 多層材料疊合

• 各層不同材料列表

• 勾選開啓漫反射功能



Dielectric Layer Properties



- 選擇Edit Layer 打開設置窗口，對該層材料參數進行編輯
- 可以修改名稱，厚度，粗糙度，導電率，相對介電係數

• 打開右鍵菜單進行編輯

Material : 多層材料

- Layered Dielectric

Dielectric Layer Properties

Description: New Layer

Thickness (m): 3.000e-01

Roughness (m): 0.000e+00

Conductivity (S/m): 1.500e-02

Permittivity: 15.000000

OK Cancel

- 選擇Insert Layer 添加新材料層
- 在彈出窗口設置材料參數及新材料層名稱

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	New Layer	15.00	0.01500	0.300 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 設置完成後，新添加一層材料

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK

Insert Layer

Duplicate Layer

Delete Layer

Move Up

Move Down

Edit Layer

PEC Backing Layer

Half-Space Backing Layer

☒ No Backing Layer

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 選擇Duplicate Layer複製一層
- 新材料層會有完全相同的參數疊加在前面

Material : 多層材料

- Layered Dielectric

Dielectric Layer Properties

Description: New Layer

Thickness (m): 3.000e-01

Roughness (m): 0.000e+00

Conductivity (S/m): 1.500e-02

Permittivity: 15.000000

OK Cancel

- 選擇Insert Layer 添加新材料層
- 在彈出窗口設置材料參數及新材料層名稱

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	New Layer	15.00	0.01500	0.300 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 設置完成後，新添加一層材料

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK

Insert Layer

Duplicate Layer

Delete Layer

Move Up

Move Down

Edit Layer

PEC Backing Layer

Half-Space Backing Layer

☒ No Backing Layer

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 選擇Duplicate Layer複製一層
- 新材料層會有完全相同的參數疊加在前面

Material : 多層材料

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall ...

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 刪除稍早添加的材料層，恢復成三層材料

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall ...

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	New Layer	15.00		
4 [Back]	Drywall	2.800		

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK

- Insert Layer
- Duplicate Layer
- Delete Layer
- Move Up
- Move Down
- Edit Layer
- PEC Backing Layer
- Half-Space Backing Layer
- ☒ No Backing Layer

Dielectric Layer Properties

Description: New Layer

Thickness (m): 3.000e-01

Roughness (m): 0.000e+00

Conductivity (S/m): 1.500e-02

Permittivity: 15.000000

OK Cancel

- 編輯用戶選擇的材料層的材料參數

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall ...

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thi
1 [Fr...		2.800	0.001000	0.0
2	New layer	15.00	0.01500	0.3
3		1.000	0.000	0.0
4 [Back]		2.800	0.001000	0.0

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 將新添加的材料層順序上移

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall ...

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thi
1 [Fr...		2.800	0.001000	0.0
2		1.000	0.000	0.0
3		2.800	0.001000	0.0
4 [Back]	New layer	15.00	0.01500	0.3

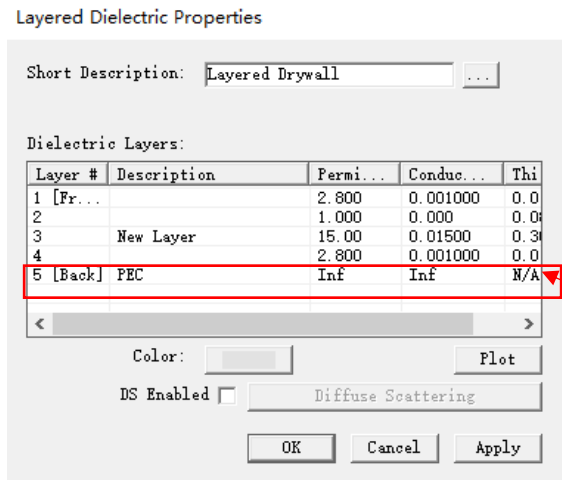
Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

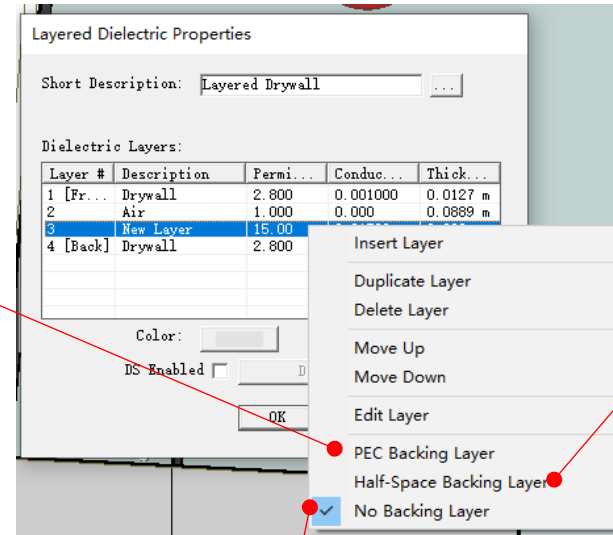
OK Cancel Apply

- 將新添加的材料層順序下移

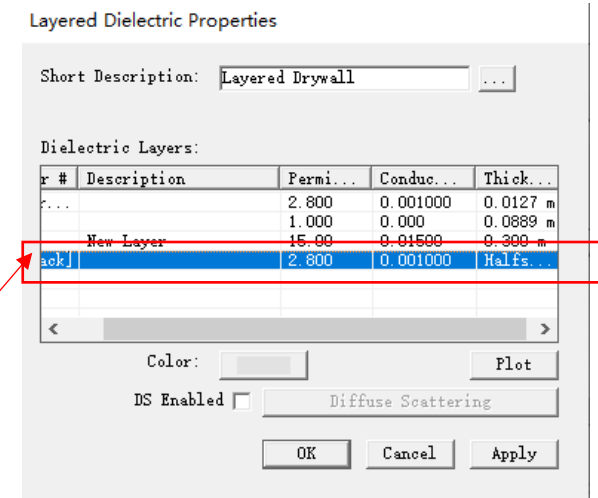
Material : 多層材料



- 在多層材料的最底層添加一層PEC材料, 起到阻擋透射的作用
- 額外添加一層材料



- 不設置PEC或Dielectric Half Space背板層



- 將最底層的材料類型改為不透射的 Dielectric Half Space, 不發生透射
- 不額外添加一層材料

Material : Constant Coefficient 材料

- Constant Coefficient :這種材料的參數不會隨著入射角和頻率而改變，可以對不同極化方向設定個別的參數。

Constant Coefficient Properties

Short Description: constant coeff ...

Thickness (m): 3.000e-01

Roughness: 0.000e+00

Ref. Coefficient (Parallel): 1.000000

Trans. Coefficient (Parallel): 0.000000

Ref. Coefficient (Perp.): 1.000000

Trans. Coefficient (Perp.): 0.000000

Color: 

Plot

OK Cancel Apply

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?): 0.00

Frequency (GHz): ☒ 1.00
☐ 0.00

Angle (?): 0.00

Angular Spacing (?): 1.00

Maximum Frequency (GHz): 10.00

OK Cancel

- 厚度
- 粗糙度
- 水平方向反射係數/透射係數分量
- 鉛錘方向反射係數/透射係數分量
- 繪製材料參數曲綫圖
- 設置代表這個材料的顏色，便于識別

Material : 完美導體PEC

- PEC :設置為此材料的表面可視為理想電導體，所有能量均被其反射。透射係數為零，參數包括粗糙度和厚度。在模擬中需要良導體且損耗不重要時，通常可將此材質用作近似處理，可以用來代表不特定金屬材料，不發生透射。

The image shows two software dialog boxes. The 'PEC Properties' dialog on the left has fields for 'Short Description' (Metal), 'Thickness (m)' (0.000e+00), 'Roughness' (0.000e+00), and 'Color' (blue). It also has a 'Plot' button and a 'Diffuse Scattering' section with a 'DS Enabled' checkbox. The 'Plot Coefficients' dialog on the right has a 'Plot' section with 'Magnitude (dB)' selected, an 'Interaction' section with 'Reflection' checked, a 'Polarization' section with 'Parallel' checked, and several frequency and angle input fields. Red arrows point from Chinese annotations to specific elements in both dialogs.

Annotations for PEC Properties:

- 厚度 (Thickness) → Thickness (m)
- 粗糙度 (Roughness) → Roughness
- 設置代表這個材料的顏色，便於識別 (Set color for identification) → Color
- Diffuse Scattering漫反射選項，勾選則這個材料會發生漫反射 (Diffuse Scattering option, checked then this material will have diffuse reflection) → DS Enabled checkbox

Annotation for Plot Coefficients:

- 繪製材料參數曲線圖 (Plot material parameter curve graph) → Plot button

Material : PEC Backed Layer

- PEC Backed Layer :該材料由平面波在有限厚度介質層（其後為理想導電層）上的反射係數和透射係數定義。場始終假定入射到介質層，而非入射到PEC層。透射係數為零。該材料所需的參數包括：介電常數、電導率、粗糙度、介質層厚度以及PEC層厚度，其中PEC層厚度僅用于顯示目的，不會發生透射。

$$R_{\perp} = \pm \left| \frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} \right|$$

- 參數必須為實數，因此除整體負號外，不能包含相位信息。
- 用戶可以對前面的介電材料層設置參數，底層的PEC是固定存在的，用戶不需做額外設置

PEC Backed Layer Properties

Short Description: PEC Backed Layer

Layer Thickness (m): 3.000e-01

Roughness (m): 0.000e+00

Conductivity (S/m): 1.500e-02

Permittivity: 15.000000

Color: 

Plot

OK Cancel Apply

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?): 0.00

Frequency (GHz): ☒ 1.00

Angle (?): ☐ 0.00

Angular Spacing (?): 1.00

Maximum Frequency (GHz): 10.00

OK Cancel

• 厚度

• 粗糙度

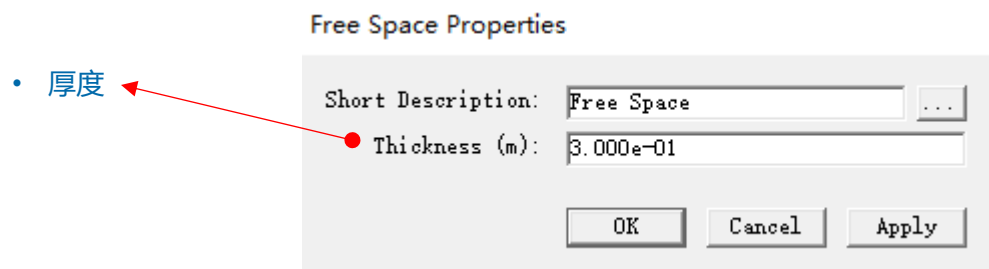
• 導電率及相對介電係數

• 設置代表這個材料的顏色，便于識別

• 繪製材料參數曲線圖

Material : Free Space 自由空間

- Free Space : 此類型材料反射系數為零，兩種偏振態的透射係數均為1。
- 設置為此材料的表面會變成透明
- 可以用于特殊建模需求，如完美吸波材料，打開的門洞等等



Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

- 這個材料是一種多層複合材料，包含多個材料層，每一層都有其厚度和自身的電磁特性。
- 每一層的電磁特性可以定義為均勻(Uniform)，即參數不隨頻率改變，也可以將電磁特性定義為採樣(Sampled)樂星，此時需要為每一層定義一個頻率表及每一個頻點對應的介電常數和電導率。
- 材料中的最後一層可以定義為半空間電介質(Dielectric Half Space)，或完美導體(PEC)，就不會發生透射了。
- 表面粗糙度僅賦予最外層，鏡面散射可以定義為均勻(Uniform)類型，即輸入一個值并用于所有頻率；也可以定義為採樣(Sampled)的，此時可以定義一個頻率表每個頻點相應的粗糙度值，也可以設置為漫反射(Diffuse Scattering)材料。
- **Wireless InSite 的 X3D 傳播模型支持頻率相關的分層介電材料，使用這種材料在Study Area的傳播模型必須選X3D**
- 這種材料使得頻率掃描以及對多個發射頻率的支持能够更輕鬆、更準確地進行模擬。

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description:

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer	0.3 m

Scattering

Scattering Method:

Type:

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness

Color:

Plot

OK Cancel Apply

• 材料層及材料參數設置區塊

• 散射參數設置區塊

New Layer

Duplicate Layer

Delete Layer

Move Up

Move Down

PEC Backing Layer

Half-Space Backing Layer

☒ No Backing Layer

• 打開右鍵菜單進行編輯

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?):

Frequency (GHz): ☒ 1.00

Angle (?): ☐ 0.00

Angular Spacing (?):

Maximum Frequency (GHz):

OK Cancel

• 繪製材料參數曲綫圖

• 設置代表這個材料的顏色，便于識別

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description:

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer	0.3 m

Scattering

Scattering Method:

Type:

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness

Color:

Plot

OK Cancel Apply

New Layer

Duplicate Layer

Delete Layer

Move Up

Move Down

PEC Backing Layer

Half-Space Backing Layer

☒ No Backing Layer

- 選擇設置底層材料
- PEC Backing Layer: 添加PEC材料為底層
- Half-Space Backing Layer: 將最底層設為半空間介質
- 不額外設置底層擇選 No Backing Layer

Layer Properties

Layer Name:

Thickness (m):

Type:

Permittivity:

Conductivity (S/m):

OK Cancel

- Type欄位選擇Uniform時，在此設置導電率及相對介電係數

• 厚度

Type:

Permittivity:

Conductivity:

Layer Properties

Layer Name:

Thickness (m):

Type:

Frequency	Permittivity	Conductivity

OK Cancel

- Type欄位選擇Sampled，依照頻率設置對應不同頻點的參數

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

• 厚度

• 逐個頻點添加新資料

• 厚度

• 相對介電係數

• 導電率

• 批量編輯

Layer Properties

Layer Name: Layer

Thickness (m): 0.3

Type: Sampled

Frequency Permittivity Conductivity

1.8 GHz 1 0.3 S/m

2.4 GHz 1.6 0.35 S/m

2.8 GHz 2.2 0.28 S/m

OK Cancel

Edit Frequency Entry

Edit the properties of the layer at the indicated frequency.

Frequency (GHz): 1

Permittivity: 1

Conductivity (S/m): 0

OK Cancel

Edit Dielectric Layer Frequency Data

Enter values on each line for frequency, permittivity, and conductivity.
Any line that does not specify three numeric values will be ignored.
Values can be delimited by any character.
Expected values are frequency (GHz), permittivity, conductivity (S/m)

10000 5.31 0.07
24000 5.31 0.0662214
30000 5.31 0.09
40000 5.31 0.10
50000 5.31 0.119959

OK Cancel

Layer Properties

Layer Name: Layer

Thickness (m): 0.3

Type: Sampled

Frequency Permittivity Conductivity

1.8 GHz 1 0.3 S/m

2.4 GHz 1.6 0.35 S/m

2.8 GHz 2.2 0.28 S/m

OK Cancel

• 編輯完成後可以看到這一層材料每一個頻點對應的參數

• 按下OK即可完成這一層材料的編輯

• 批量輸入材料參數

• 從左到右為頻率點，相對介電參數。導電率

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

- 選擇散射模式，有鏡面散射及漫反射兩種

- 鏡面散射有兩種模式，用粗糙度來區分
- Uniform是粗糙度不隨頻率改變維持固定數值
- Sampled是指(等效)粗糙度隨頻率改變，每個頻點有一個對應數值

- 設為Uniform時，一致的粗糙度數值

- 設置標注的材料顏色

- 編輯後，兩層材料層出現在表單上

- 在菜單選擇 Diffuse Scattering，設置為漫反射表面

- 設置不同的漫反射模式

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Uniform

Uniform Roughness (m): 0

Color: [Color Picker]

Plot

OK Cancel Apply

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model: Lambertian

Scattering Factor: 0.4

Cross-Pol Fraction: 0.4

Alpha: 4

Beta: 4

Lambda: 0.75

Advanced Parameters

Use Reflection Coefficient ☐ Incidence Angle

OK Cancel

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Uniform

Uniform Roughness (m): 0

Color:

Plot

OK Cancel Apply

Type: Sampled

Uniform

Sampled

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Sampled

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness

Color:

Plot

OK Cancel Apply

- Type 菜單選擇Sampled, (等效)粗糙度隨頻率變化

- 右鍵點擊打開菜單, 輸入參數

Edit Frequency Entry

Edit the surface roughness at the indicated frequency.

Frequency (GHz): 1

Roughness (m): 0

OK Cancel

- 每一個頻點個別輸入對應的(等效)粗糙度

Add New Parameter

Bulk Edit

Edit Surface Roughness Frequency Data

Enter values on each line for frequency and roughness.
Any line that does not specify two numeric values will be ignored.
Values can be delimited by any character.
Expected values are frequency (GHz), roughness (m)

- 批量輸入材料參數
- 從左到右為頻率點, (等效)粗糙度

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Sampled

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness
2.4 GHz	0.00018 m
3.3 GHz	0.00026 m

Color:

Plot

OK Cancel Apply

- 完成編輯, 以表單形勢列出材料參數

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡羅材料

- 多材料蒙特卡羅模型是Wireless Insite 的一種特殊材料類型，這種材料為一組現有材料構成，用戶定義這些現有材料為均勻分布，可用于評估一個多種隨機分布可能材料構成的面對傳播造成的影響。
- 列表中列出的第一種材料將視為默認材料，如果沒有在Study Area啟用蒙地卡羅功能，則視為該材料。
- 在將蒙特卡羅材料分配給場景中的任何平面或場景特徵之前，用戶需先行創建該材料。
- 用戶需要在Study Area啟用蒙特卡羅功能，此材料模型才會生效，在將蒙特卡羅材料分配給場景中的任何幾何體之前，先行創建該材料。
- 多材料蒙地卡羅模型的材料清單**不支持**以下幾種材料：
 - Free Space
 - 植被材料
 - 用戶自定義材料
 - 另一種蒙地卡羅材料

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡羅材料

• 建立多材料蒙地卡羅模型材料的流程

Monte Carlo Multi-Material Properties

Short Description:

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Type	Description

Add Material Remove Material

Color:

OK Cancel

Monte Carlo Multi-Material Choose Material

Short Description:

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Choose a Material From the Current Project:

In Use	Type	Description	Geometry	Diffuse Scattering...	Notes
Yes	One-Layer Dielec...	Concrete	Untitled Floor Plan ...	None	
Yes	4-layer dielectric	Layered Drywall	Untitled Floor Plan ...	None	
Yes	Constant Coeffic...	test	Untitled Floor Plan ...	N/A	
No	PEC	Metal	constant coefficient...	None	
Yes	Constant Coeffic...	constant coeff	constant coefficient...	N/A	
Yes	PEC	Metal	PEC [Object]	None	
No	Constant Coeffic...	constant coeff	PEC [Object]	N/A	

Create a New Material

Or From the Material Database:

Type	Description	Location	Notes
Dielectric Half-S...	Asphalt 1GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
One-Layer Dielectric	Brick	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
One-Layer Dielectric	Concrete	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Biophysical	Dense deciduous forest, in Leaf	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Biophysical	Dense deciduous forest, out of leaf	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Attenuation	Dense foliage	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Biophysical	Dense Pine Forest	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	

OK Cancel

Monte Carlo Multi-Material Properties

Short Description:

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Type	Description
One-Layer Di...	Brick
One-Layer Di...	Concrete
One-Layer Di...	Glass

Add Material Remove Material

Color:

OK Cancel

• 使用中材料

• 材料庫的材料

- 按下Add Material按鍵，開始添加材料

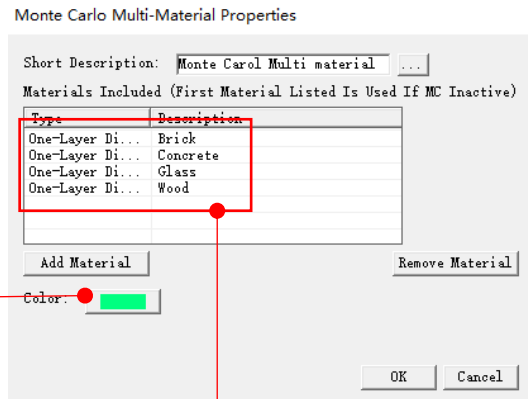
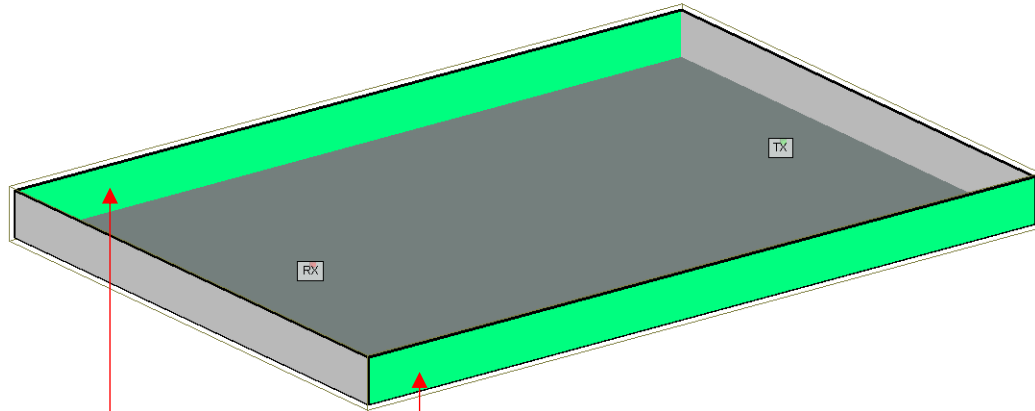
- 從使用中材料(上方欄位)或材料庫的材料選擇要使用的材料
- 也可以建立新材料作為其中一層

• 射線在接觸到使用這類材料的表面之後，會依照機率分布來決定接觸到的是哪一種材料。

• 如果Study area中的Monte Carlo選項沒有開啓，射線接觸到使用這個材料的表面時，就會視為接觸到清單中的第1種材料。

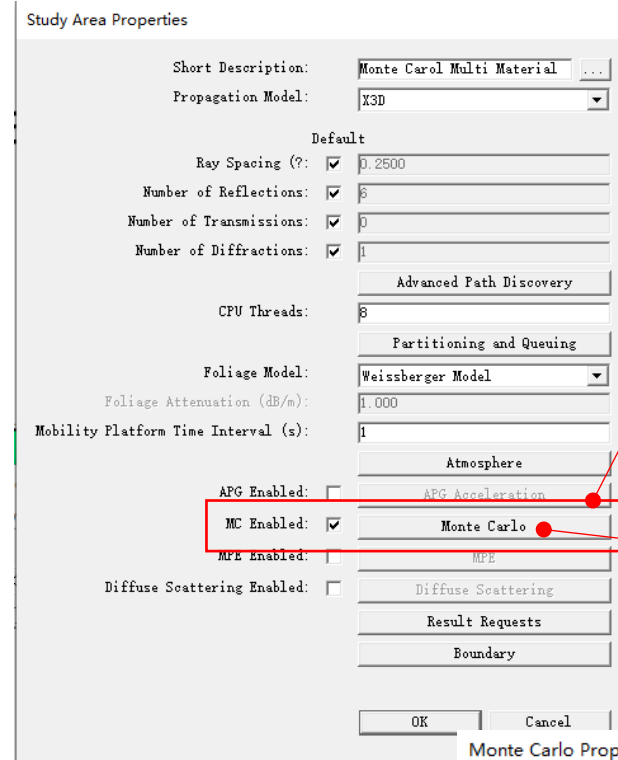
• 完成配置

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡羅材料

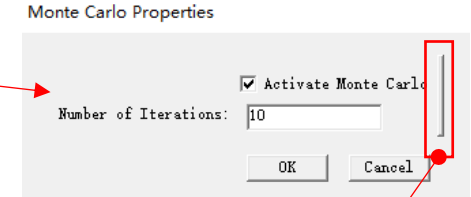


- 兩面牆壁使用蒙地卡羅材料

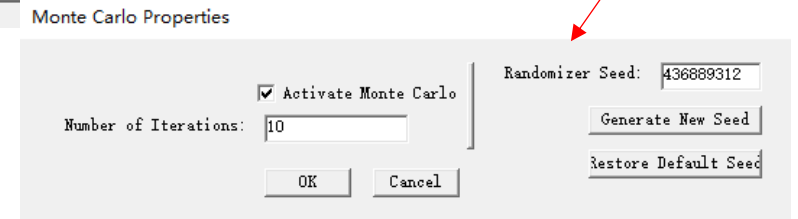
- 使用磚，混凝土，玻璃，木材等四種材料構成蒙地卡羅材料



- 勾選MC Enabled啟用蒙地卡羅相關功能
- 傳播模型必須選擇X3D,同時勾選激活蒙地卡羅，蒙地卡羅材料才會起作用

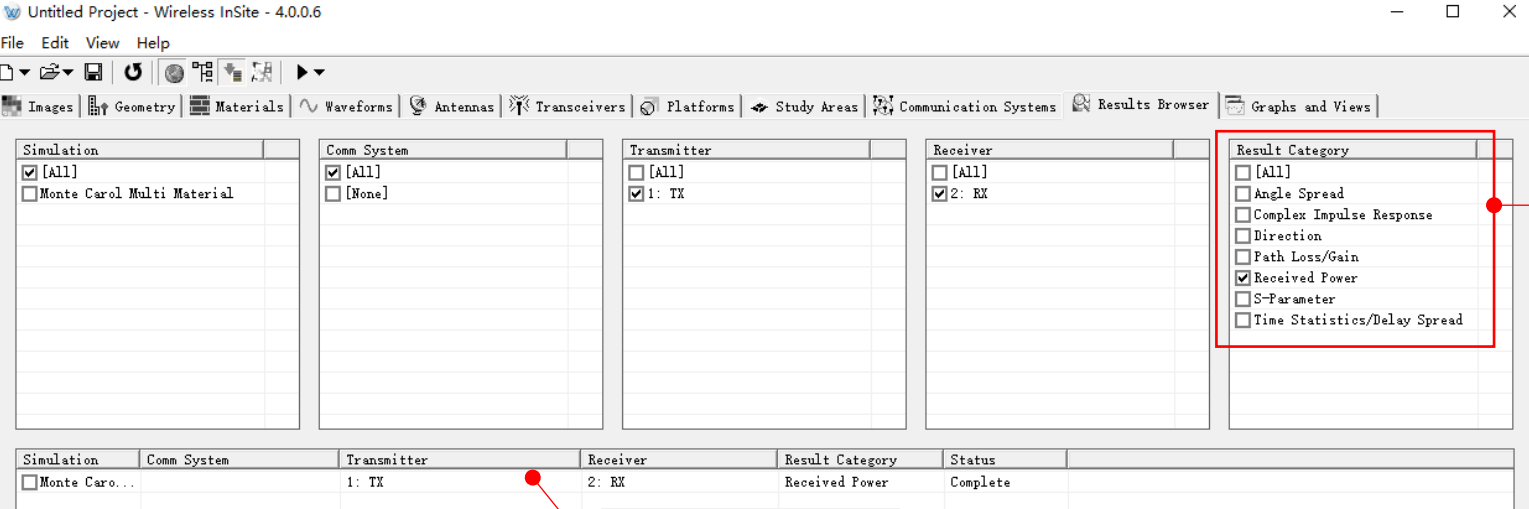


- 按下Monte Carlo按鍵設置迭代次數

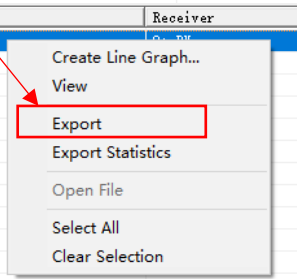


- 展開設置窗口進行隨機化種子相關設置

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡羅材料



- 模擬場景中有蒙地卡羅材料，同時傳播模型啟用蒙地卡羅功能後模擬輸出會由于蒙地卡羅模型而產生變化
- 由于蒙地卡羅模型的關係，不會提供路徑數據輸出



	A	B	C	D	E
1	# TX --> RX				
2	# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (dBm)	rcvd pwr phs (deg)
3	1	1	1	-55.1389	-27.8039
4	2	1	1	-86.807	33.3554
5	3	1	1	-56.6087	-38.7382
6	4	1	1	-58.5695	73.6311
7					

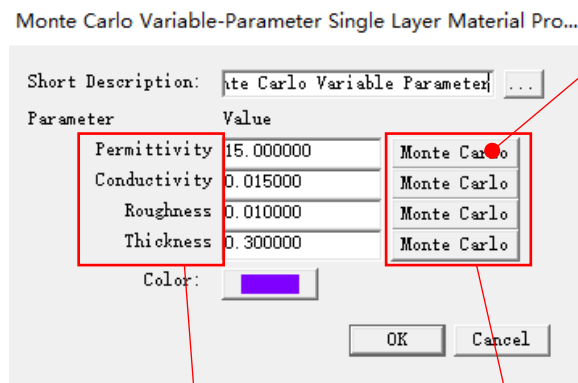
- 用戶可以將輸出導出為csv文檔

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料

- 這個材料類別允許用戶為材料的介電特性（介電常數和電導率）、厚度和粗糙度定義均勻分布或正態分布。
- 這些參數可以獨立變化，也可單獨或相互組合地進行調整。
- 為參數定義分布之前，必須通過勾選“Activate Monte Carlo...”來啟用 Monte Carlo 功能。
- 勾選後，相關設置將變為可用狀態，並可在“均勻(Uniform)”或“正態(Normal)”之間進行選擇。
- 無論選擇哪種分布，都需要確認參數的最小值和最大值。如果使用正態分布，則還必須指定均值和標準差。
- Study Area 的蒙地卡羅功能必須勾選，此材料設置才能生效

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料

• 建立蒙地卡羅可變參數材料



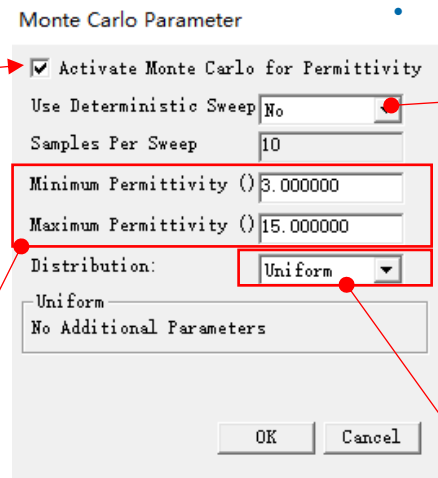
- 介電係數，導電率，粗糙度，厚度一共四個參數可以設為可變
- 用戶可以都設置為可變或只挑選其中幾個做設置
- 未激活蒙地卡羅功能的參數就會直接使用用戶輸入的數值

- 按下Monte Carlo按鍵，進入參數設置



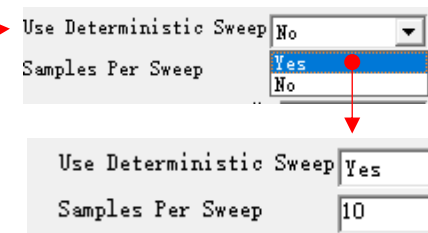
- 勾選後啟用蒙地卡羅設置功能

- 設置參數最大值及最小值

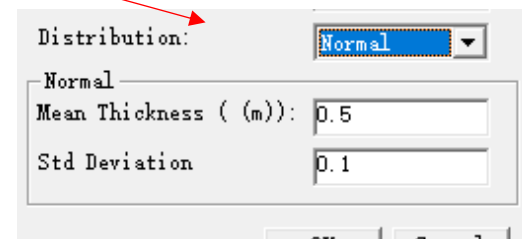
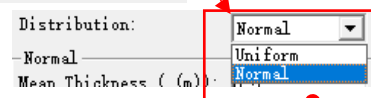


- 分布方式可以在uniform跟normal之間切換

- 啟用後相關參數設置欄位狀態變為可用

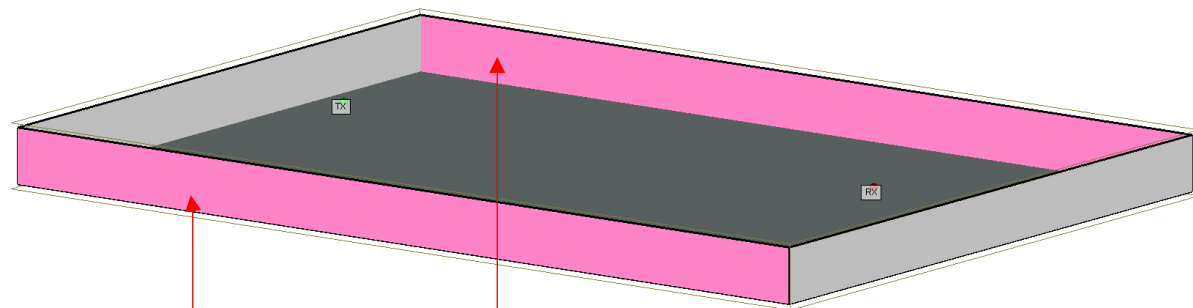


- Use Deterministic Sweep菜單選擇Yes，啟用確定性參數掃描
- 之後Samples per Sweep欄位用戶可以自行填寫樣本數



- 選擇normal，則需要再填入平均值及標準差

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料



Monte Carlo Variable-Parameter Single Layer Material Pro...

Short Description: 2 variables

Parameter	Value		
Permittivity	15.000000	Monte Carlo	MC
Conductivity	0.015000	Monte Carlo	MC
Roughness	0.010000	Monte Carlo	
Thickness	0.300000	Monte Carlo	

Color:

OK Cancel

- 兩面牆壁使用蒙地卡羅材料

- 使用選擇導電率跟加點係數作為蒙地卡羅材料的可變參數

Study Area Properties

Short Description: Monte Carol Multi Material

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

CPU Threads: 8

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

- 勾選MC Enabled啓用蒙地卡羅相關功能
- 傳播模型必須選擇X3D,同時勾選激活蒙地卡羅, 蒙地卡羅材料才會起作用

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

OK Cancel

- 按下Monte Carlo按鍵設置迭代次數

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

Randomizer Seed: 436889312

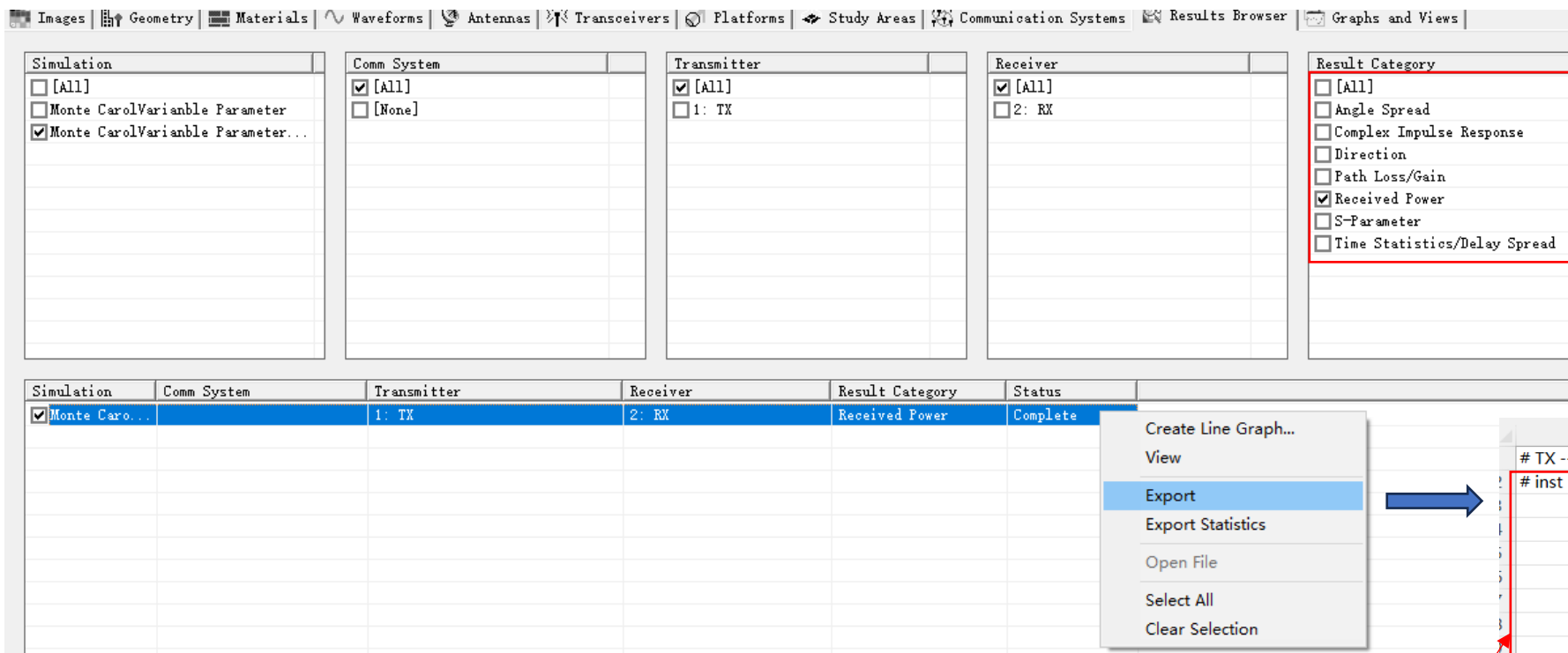
Generate New Seed

Restore Default Seed

OK Cancel

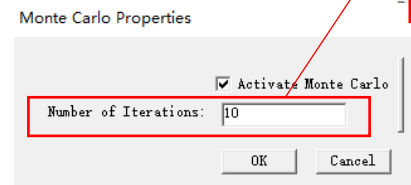
- 展開設置窗口進行隨機化種子相關設置

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料



- 模擬場景中有蒙地卡羅材料，同時傳播模型啟用蒙地卡羅功能後模擬輸出會由于蒙地卡羅模型而產生變化
- 由于蒙地卡羅模型的關係，不會提供路徑數據輸出

- 用戶可以將輸出導出為csv文檔



- 輸出數據例數與迭代數相關
- 迭代10次則輸出10例

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料

Study Area Properties

Short Description: Monte Carol Multi Material ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

# TX --> RX					
# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (	rcvd pwr p	
1	1	1	-62.4878	-55.3033	
2	2	1	-65.4607	4.9793	
3	3	1	-62.4878	-55.3033	
4	4	1	-55.5674	-43.6811	
5	5	1	-55.5674	-43.6811	
6	6	1	-55.6765	-26.1461	
7	7	1	-60.2009	112.854	
8	8	1	-55.6765	-26.1461	
9	9	1	-95.6527	-65.1551	
10	10	1	-95.6527	-65.1551	

- Study Area中設置迭代10次
- 模擬輸出輸出10例

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

OK Cancel

Study Area Properties

Short Description: Monte Carol Multi Material ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

# TX --> RX					
# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (	rcvd pwr p	
1	1	1	-67.0072	27.7965	
2	2	1	-59.4459	-42.3737	
3	3	1	-56.7974	-27.1129	
4	4	1	-55.0725	-4.42302	
5	5	1	-60.3784	-48.5093	
6	6	1	-77.4818	26.817	
7	7	1	-57.1382	-34.8658	
8	8	1	-72.5679	-3.17654	
9	9	1	-58.7855	-38.5326	
10	10	1	-57.4372	-38.5234	
11	11	1	-72.8121	98.9206	
12	12	1	-61.3641	-52.6781	
13	13	1	-57.2617	-15.9809	
14	14	1	-58.4869	27.617	
15	15	1	-54.9488	11.0868	
16	16	1	-55.6565	5.87734	
17	17	1	-56.0757	-11.3194	
18	18	1	-68.347	-90.7191	
19	19	1	-58.1061	29.9112	
20	20	1	-56.2902	-17.4834	

- Study Area中設置迭代20次
- 模擬輸出輸出20例

Monte Carlo Properties

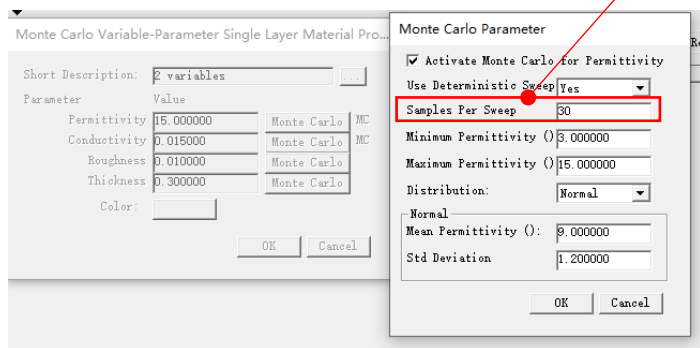
☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 20

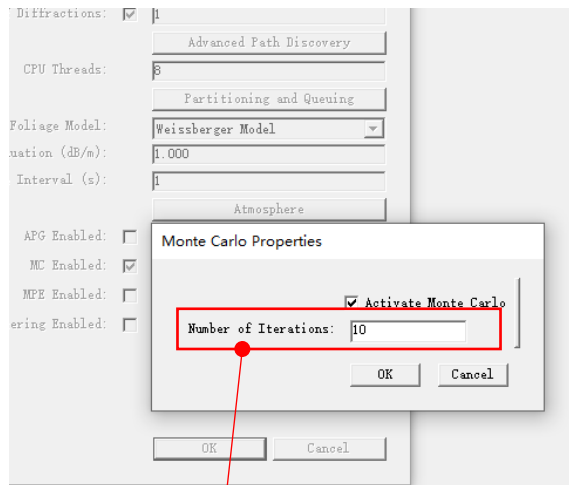
OK Cancel

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料

- 每次掃描樣本設為30個



- 選擇Use Deterministic Sweep(確定性參數掃描)需要填寫每一次的樣本數量
- Study Area迭代次數也要一并調整
- 如果Study Area的迭代次數未正確設置, 模擬時會反饋警告信息



- 迭代次數設為10次

```
Start Time: 14:41:52 7/22/2026

wibatch version 4.0.0.6 - r93101
Built with Microsoft Visual Studio 1900
Built with Qt 4.8.7
Using Qt 4.8.7

2026.07.22 14:41:52.147 Hostname: MSI (pid: 37116)
2026.07.22 14:41:52.148 Set working directory: D:/Sandbox/Monte Carlo Variable Parameter simple ro
2026.07.22 14:41:52.160 ?? ?? 22 14:41:52 2026

2026.07.22 14:41:52.320 OptiX Runtime version = 60801
2026.07.22 14:41:52.320 CUDA Runtime version = 9.2
2026.07.22 14:41:52.320 CUDA Driver version = 11.4
2026.07.22 14:41:52.320 GPU device #0: [NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop GPU], 8.6 capability, 30 to

2026.07.22 14:41:52.346 Initializing X3D model

2026.07.22 14:41:52.364 Added 0 route and 0 snapshot platforms.
2026.07.22 14:41:52.364 Processing geometry (8 CPU threads)
2026.07.22 14:41:52.364 Loaded geometry: ./basic room.X3DGeometry.cache

2026.07.22 14:41:52.364 Generating transmitter and receiver sets
2026.07.22 14:41:52.365 Auto Collection Radius = 0.269777m
2026.07.22 14:41:52.378 Generating Monte Carlo scenarios
WARNING: 2026.07.22 14:41:52.378 Could not sample -- "numberOfRuns" too small.
2026.07.22 14:41:52.378 numberOfRuns = 10
2026.07.22 14:41:52.378 Expected runs = 300
2026.07.22 14:41:52.378 Generating random scenarios instead.

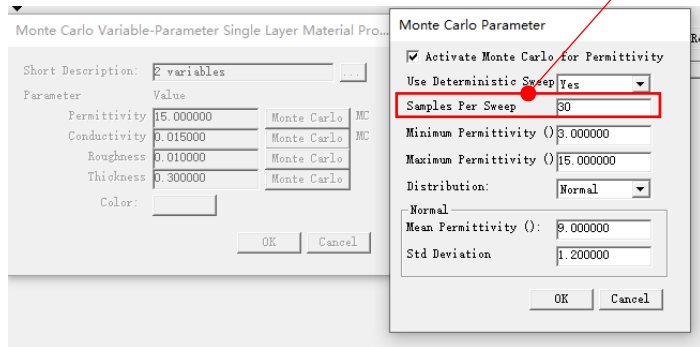
2026.07.22 14:41:52.383 Starting X3D ray tracing for Tx set 1, point 1 (point 1 of 1 total)

2026.07.22 14:41:52.384 Using 1 GPU ray tracer (8 CPU threads)
2026.07.22 14:41:52.464 Model parameters:
2026.07.22 14:41:52.464 Reflections: 6
```

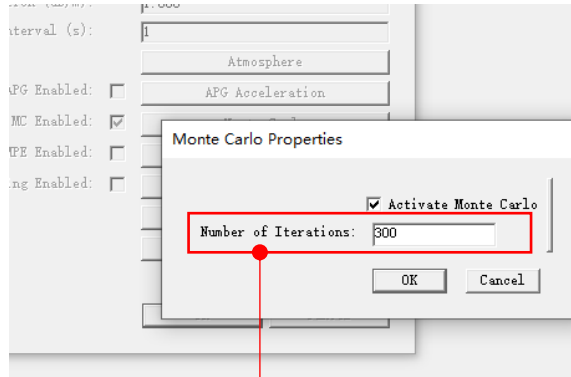
- 軟體反饋迭代次數不足, 需要300次才能產生30個樣本

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡羅可變參數材料

- 每次掃描樣本設為30個



- 選擇Use Deterministic Sweep(確定性參數掃描)需要填寫每一次的樣本數量
- Study Area迭代次數也要一并調整
- 如果Study Area的迭代次數未正確設置, 模擬時會反饋警告信息



- 迭代次數設為300次

Start Time: 15:18:13 7/22/2026

wibatch version 4.0.0.6 - r93101
Built with Microsoft Visual Studio 1900
Built with Qt 4.8.7
Using Qt 4.8.7

2026.07.22 15:18:13.431 Hostname: MSI (pid: 36896)
2026.07.22 15:18:13.431 Set working directory: D:/Sandbox/Monte Carol Variable Parameter simple room
2026.07.22 15:18:13.445 ?? ?? 22 15:18:13 2026

2026.07.22 15:18:13.580 OptiX Runtime version = 60801
2026.07.22 15:18:13.580 CUDA Runtime version = 9.2
2026.07.22 15:18:13.580 CUDA Driver version = 11.4
2026.07.22 15:18:13.580 GPU device #0: [NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop GPU], 8.6 capability, 30 total

2026.07.22 15:18:13.605 Initializing X3D model

2026.07.22 15:18:13.624 Added 0 route and 0 snapshot platforms.
2026.07.22 15:18:13.624 Processing geometry (8 CPU threads)
2026.07.22 15:18:13.625 Loaded geometry: ./basic room.X3DGeometry.cache

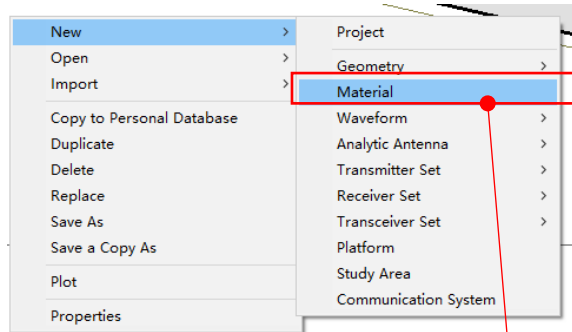
2026.07.22 15:18:13.625 Generating transmitter and receiver sets
2026.07.22 15:18:13.626 Auto Collection Radius = 0.269777m
2026.07.22 15:18:13.638 Generating Monte Carlo scenarios
2026.07.22 15:18:13.638 Generating 300 sampled scenarios.

2026.07.22 15:18:13.652 Starting X3D ray tracing for Tx set 1, point 1 (point 1 of 1 total)

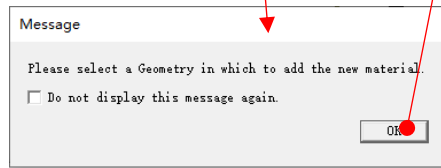
2026.07.22 15:18:13.652 Using 1 GPU ray tracer (8 CPU threads)
2026.07.22 15:18:13.749 Model parameters:
2026.07.22 15:18:13.749 Reflections: 6
2026.07.22 15:18:13.749 Transmissions: 0
2026.07.22 15:18:13.749 Diffractions: 1
2026.07.22 15:18:13.750 Refractions: , None

- 迭代次數足夠, 需要300次才能產生30個樣本
- 軟體不產生警告信息, 模擬正常運作

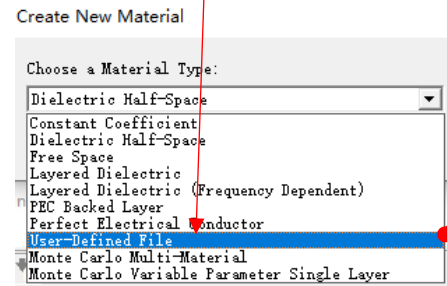
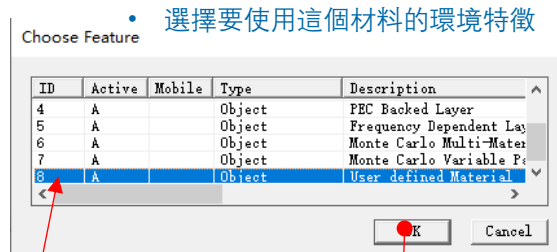
Material : User Defined Material 用戶自定義材料



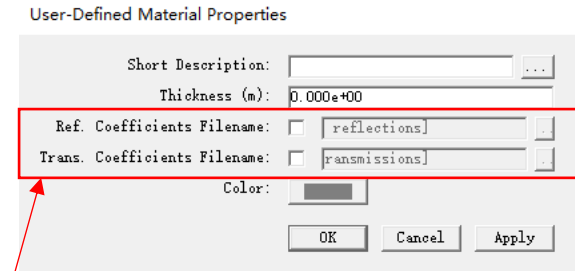
- 打開右鍵菜單選擇New-Material，建立新材料



- 打開右鍵菜單選擇New-Material，建立新材料



- 新建材料類型選擇User-Defined Material



- 導入參數文檔，完成建立材料

- 當用戶需要使用特殊材料，無法使用軟體提供的模板建立材料數據模型時，就可以採取導入數據文檔的方式建立自定義材料
- 用戶可以依照Wireless Insite 原文說明書的建議格式生成反射係數及透射係數材料數據文檔，導入後即可建立自定義材料
- 用戶自定義材料在使用上存在一定限制，模擬及建模時需要注意

Material : User Defined Material 用戶自定義材料

反射/透射係數文件

- 用戶定義材料的反射係數和透射係數必須分別存儲在單獨的文件中。
- 這些文檔都是txt格式，用戶可以自行手動編寫其內容。
- 每個文件都包含描述數據表示方式及格式的參數,反射/透射係數文件的格式如下：

```
begin_<parameters>
  reflection <or> transmission
  frequency_min 1e+09
  frequency_max 2e+09
  frequency_inc 1e+09
  alpha_min 0
  alpha_max 90
  alpha_inc 45
  beta_min 0
  beta_max 90
  beta_inc 10
  magandphase <or> realandimag
  magnitude dB <or> linear
  phase degrees <or> radians
  side 1 <or> rotation 90
end_<parameters>
```

```
begin_<frequency> 1 GHz
  begin_<plane> 0 Degrees
    0 0.375 0 0.25 0
    10 0.375 0 0.25 0
    ...
    90 0.265 0 0.17 0
  end_<plane>
  begin_<plane> 45 Degrees
    0 0.358 30 0.315 30
    ...
    90 0.26 30 0.23 30
  end_<plane>
  begin_<plane> 90 Degrees
    ...
  end_<plane>
end_<frequency>
begin_<frequency> 2 GHz
  begin_<plane> 0 Degrees
  end_<plane>
  ...
  begin_<plane> 90 Degrees
  end_<plane>
end_<frequency>
```

Material : Foliage植被材料

- **Wireless InSite** 中的植被材料并非用于描述樹木、花草等具體植物個體，而是將其填充至用戶劃定的三維空間區域內。當傳播路徑經過該區域時，其能量會在穿透過程中隨距離增加而逐步消耗。
- **Wireless InSite** 的植被不會具體模擬傳播路徑在植被覆蓋範圍內因枝幹或樹葉產生的反射、繞射等現象，而是假定路徑直綫穿透該空間區域，並從另一側穿出。
- 若植被覆蓋區域的某個面與墻壁或地面接觸，或覆蓋範圍內存在其他物體的反射面，則傳播路徑可能在該區域內因接觸這些反射面而發生反射或繞射。此時，損耗等相關物理量的計算將基于該反射面的材料參數，而非植被材料的參數。
- 不同傳播模型因算法差异，即使都支持在場景中使用植被，其套用材料的方式也不盡相同。
- **X3D 傳播模型將所有植被等同對待，視為一種隨前進距離逐漸增加衰减的特殊材料（Attenuation類別材料）；而 Full3D 及部分其他傳播模型則支持樹林、草皮等不同種類的植被材料(Biophysical 類別材料)。**
- 當場景中同時存在樹林、草皮等不同種類植被材料的環境特徵時，X3D 傳播模型會使用 Study Area 中“衰减 (Attenuation)”選項所填入的參數值，統一覆蓋所有這些植被材料的原有參數。
- 材料數據庫中Full3D支持的 **Biophysical** 類別材料建議配合頻率2GHz以下的信號進行模擬

Material : Foliage植被材料 (X3D 傳播模型)

- X3D 支持兩种植被建模方式: Weissberger 模型與簡易衰减模型。
- 可通過下拉菜單切換所選模型
- 選擇簡易衰减模型時需另外輸入單位為dB/m的植被衰减參數

Study Area Properties

Short Description: TRX Test
Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500
Number of Reflections: ☒ 6
Number of Transmissions: ☒ 0
Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery
CPU Threads: 8
Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model
Foliage Attenuation (dB/m): dB/m
Mobility Platform Time Interval (s): 1

Study Area Properties

Short Description: WESSBERGER
Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500
Number of Reflections: ☒ 6
Number of Transmissions: ☒ 0
Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery
CPU Threads: 8
Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model
Foliage Attenuation (dB/m): 1.000
Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere
APG Enabled: ☐ APG Acceleration
MC Enabled: ☐ Monte Carlo
MPE Enabled: ☐ MPE
Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering
Result Requests
Boundary

OK Cancel

- 選Weissberger Model, 不需填寫模型參數

Study Area Properties

Short Description: 1dBm
Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500
Number of Reflections: ☒ 6
Number of Transmissions: ☒ 0
Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery
CPU Threads: 8
Partitioning and Queuing

Foliage Model: dB/m
Foliage Attenuation (dB/m): 1.000
Mobility Platform Time Interval (s): 1

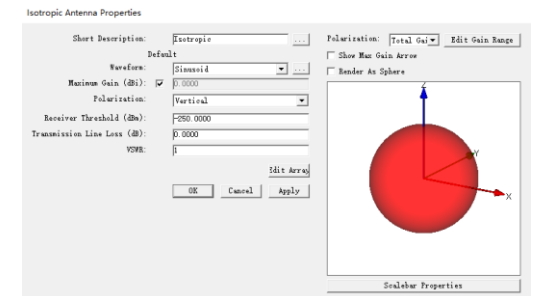
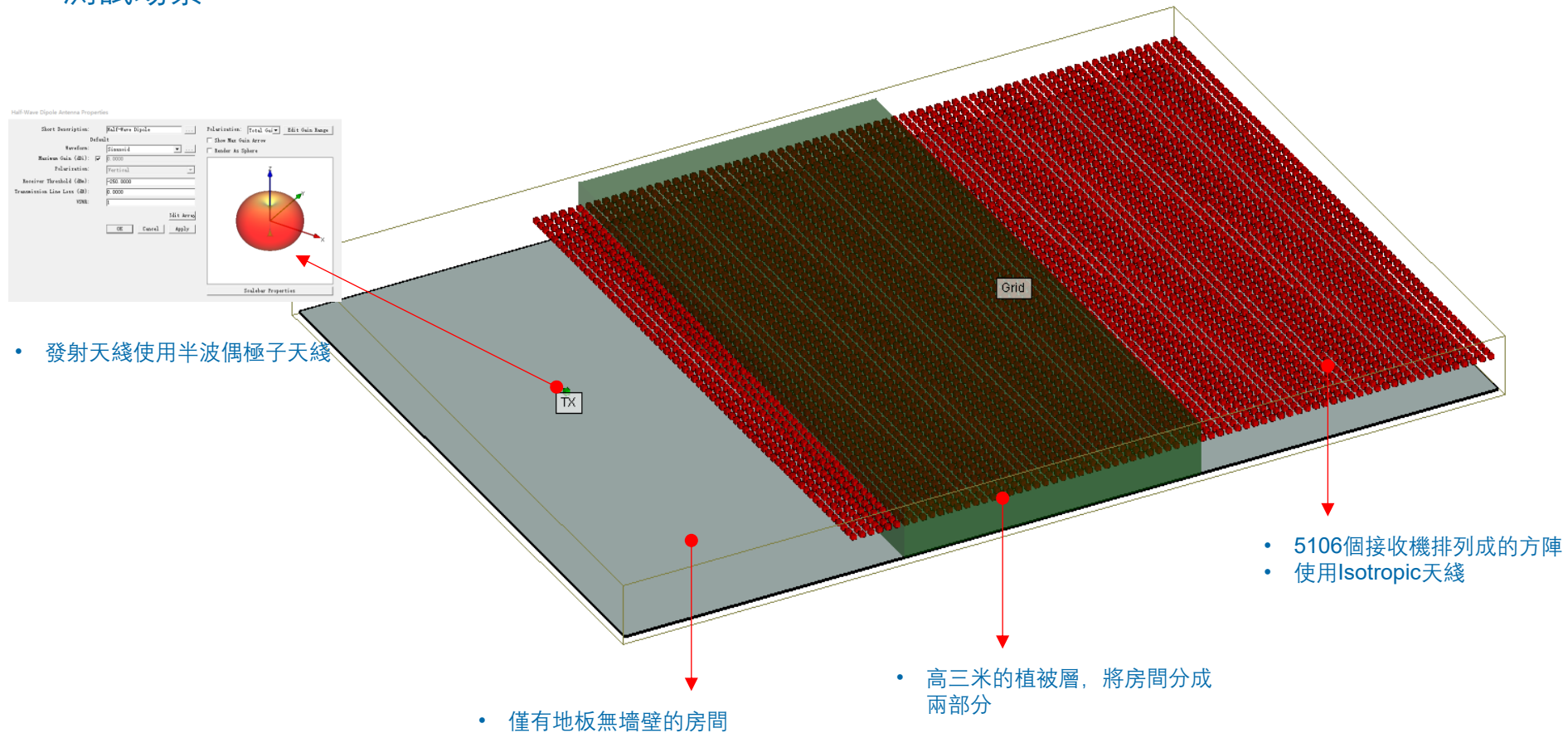
Atmosphere
APG Enabled: ☐ APG Acceleration
MC Enabled: ☐ Monte Carlo
MPE Enabled: ☐ MPE
Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering
Result Requests
Boundary

OK Cancel

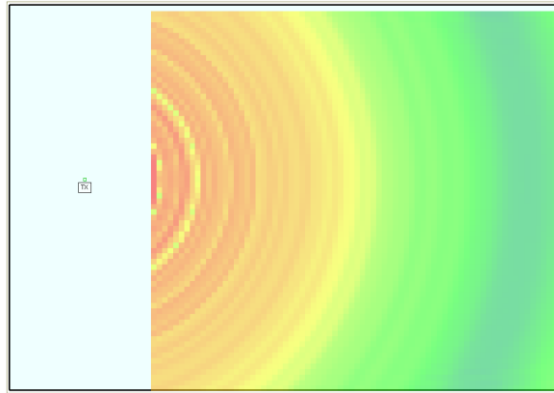
- 選dB/m模型, 需要用戶填寫一個跟距離相關的衰减值

Material : Foliage植被材料 (X3D 傳播模型)

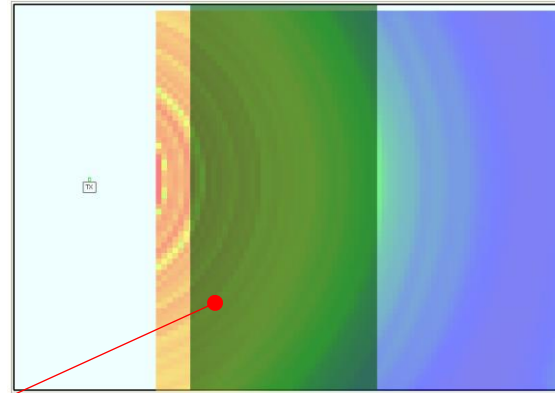
• 測試場景



Material : Foliage植被材料 (X3D 傳播模型)

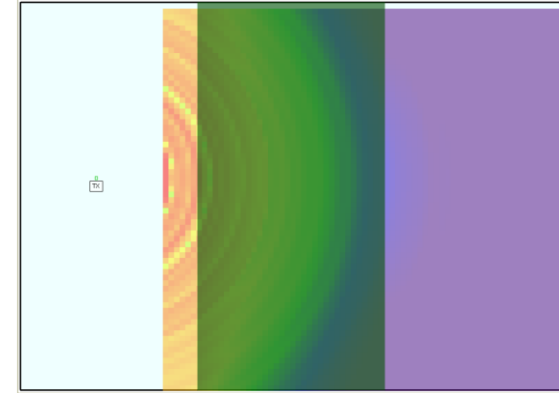


- 對照組，空房間，無植被



植被

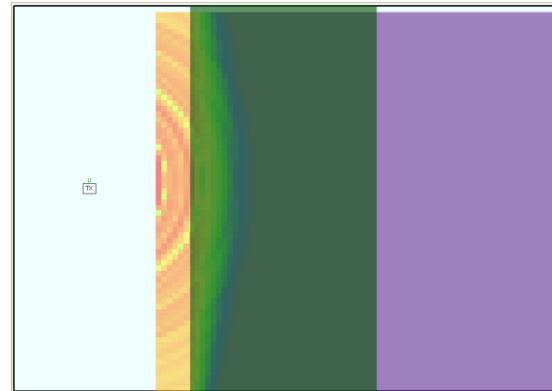
- 選擇 Weissberger Model



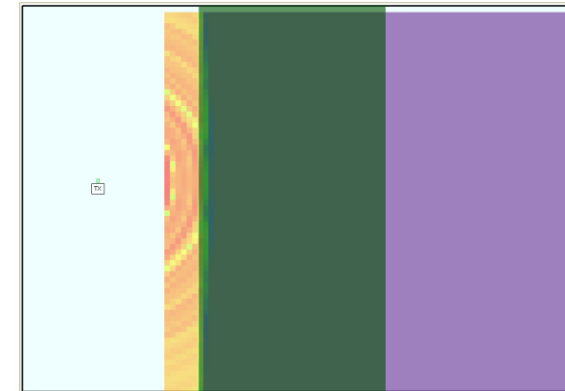
- 選擇 dB/m, 數值填寫1dB/m



- 選擇 dB/m, 數值填寫2dB/m



- 選擇 dB/m, 數值填寫5dB/m

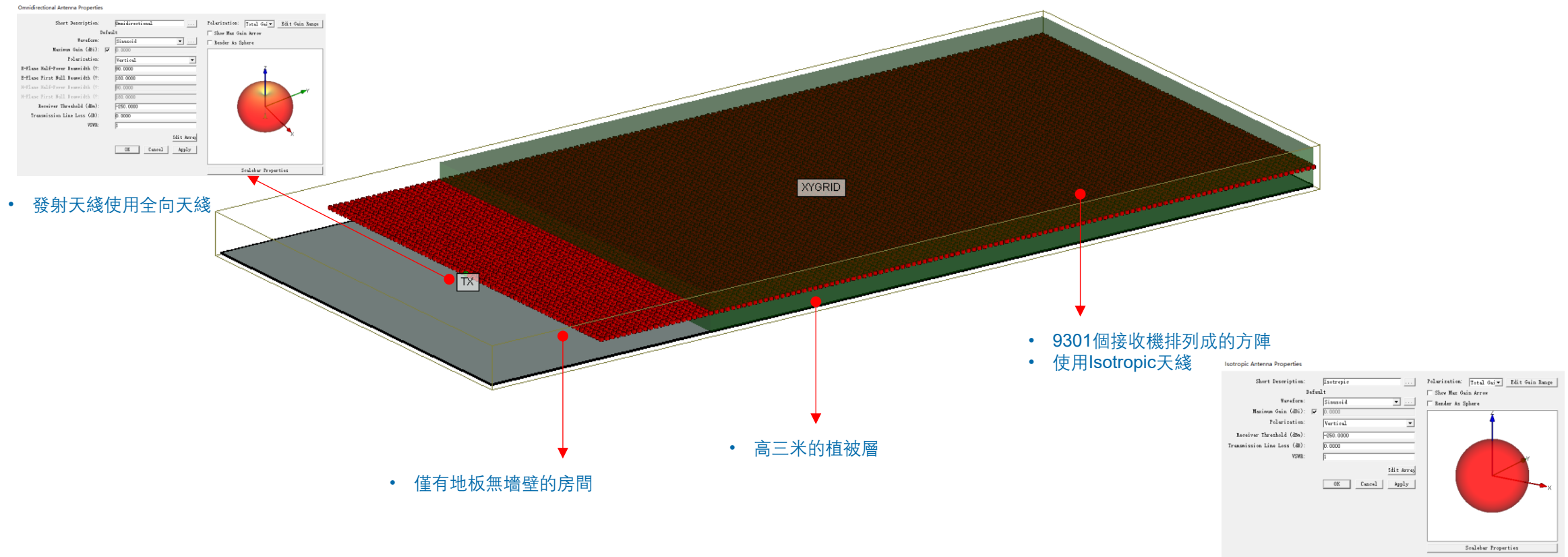


- 選擇 dB/m, 數值填寫20dB/m

-80.0 dBm

-41.3 dBm

Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 類別, Full 3D 傳播模型)



Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 類別, Full 3D 傳播模型)

- BioPhysical類別材料設置窗口

Input

Data Type: **Grass Parameters**

Blade Radius (m): 0.002000

Blade Length (m): 0.460000

Blade Density / Area: 900.000000

Blade Angle 1 (?): 0.000000

Blade Angle 2 (?): 45.000000

- 草叢模型參數輸入界面

Input

Data Type: **Attenuation**

Attenuation (dB/m): 1.100000

Frequency (GHz): 0.869000

Theta (?): 90.000000

Polarization: ☐ Horizontal ☒ Vertical

- Attenuation模型參數輸入界面

Tree Parameters

physical Properties

Short Description: Dense Deciduous Forest, In 1 ...

Theta (?): 90.000000

Input

Data Type: **Tree Parameters**

Leaf Radius (m): 0.050000

Leaf Thickness (m): 0.000500

Leaf Density: 250.000000

Leaf Angle 1 (?): 0.000000

Leaf Angle 2 (?): 180.000000

Branch Radius (m): 0.019000

Branch Length (m): 0.500000

Branch Density / Vol: 2.500000

Branch Angle 1 (?): 0.000000

Branch Angle 2 (?): 90.000000

- 輸入參數有三種材料模型可以選擇
- 每一種材料模型需要填入的參數不同
- 默認為樹木(Tree Parameters)
- 選擇一個最貼近環境特徵的材料模型來使用

Permittivity Model

Model: **Frequency Dependent**

Branch Static Conductivity: 0.390000

Branch Permittivity: 20.000000

Leaf Static Conductivity: 0.390000

Leaf Permittivity: 26.000000

Waveform: **[1 GHz] - Sinusoid**

Effective Permittivity (V): 1.012969 - j 0.004295

Effective Permittivity (H): 1.018707 - j 0.006320

Attenuation (V) (dB/m): 0.388394

Attenuation (H) (dB/m): 0.569978

Recalculate

Color:  Plot

OK Cancel Apply

Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 類別, Full 3D 傳播模型)

- BioPhysical類別材料設置窗口

Biophysical Properties

Short Description: Dense Deciduous Forest, In L ...

Theta (?): 90.000000

Input

Data Type: Tree Parameters

Leaf Radius (m): 0.050000

Leaf Thickness (m): 0.000500

Leaf Density: 250.000000

Leaf Angle 1 (?): 0.000000

Leaf Angle 2 (?): 180.000000

Branch Radius (m): 0.019000

Branch Length (m): 0.500000

Branch Density / Vol: 2.500000

Branch Angle 1 (?): 0.000000

Branch Angle 2 (?): 90.000000

Permittivity Model

Model: Frequency Dependent

Branch Static Conductivity: 0.390000

Branch Permittivity: 20.000000

Leaf Static Conductivity: 0.390000

Leaf Permittivity: 26.000000

Waveform: [1 GHz] - Sinusoid

Effective Permittivity (V): 1.012969 - j 0.004295

Effective Permittivity (H): 1.018707 - j 0.006320

Attenuation (V) (dB/m): 0.388394

Attenuation (H) (dB/m): 0.569978

Recalculate

Color: [Green]

Plot

OK Cancel Apply

Frequency Dependent

Constant

Frequency Dependent

- 選擇介電係數模型
- 可以選擇常數或隨頻率變化

Permittivity Model

Model: Constant

Branch Permittivity: 20.000000 - j 7.000000

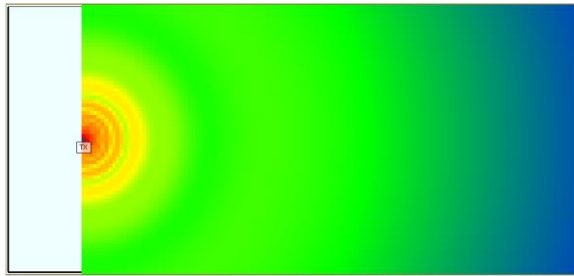
Leaf Permittivity: 26.000000 - j 7.000000

- 選擇常數介電係數模型的設置界面

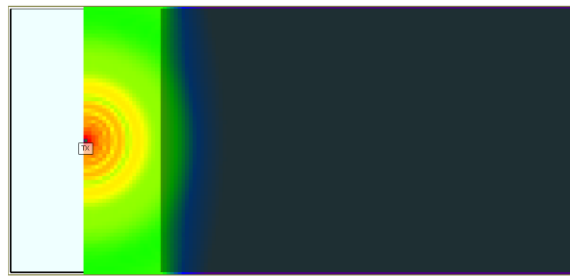
- 設置好輸入參數模型及介電係數模型後再選擇對應的信號頻率

- 按下Recalculate重新計算調整後的介電係數及損耗值，完成生物材料的設置/調整

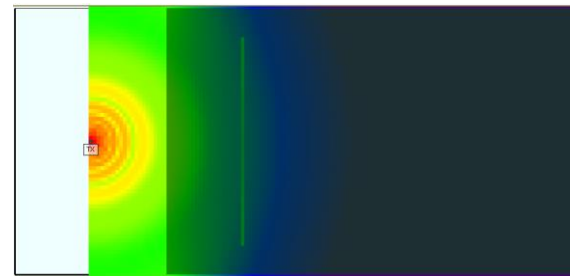
Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 類別, Full 3D 傳播模型)



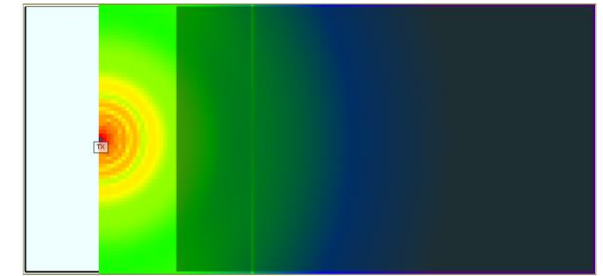
- 對照組, 空房間, 無植被



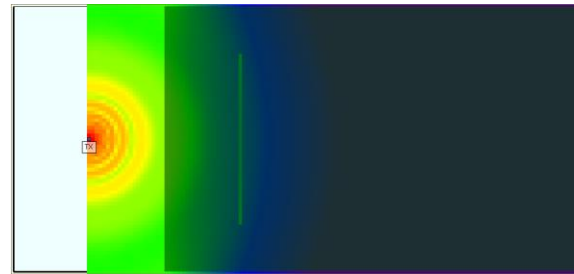
- 材料設為Grass



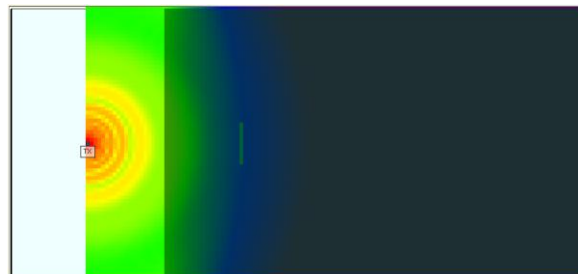
- 材料設為Dense Deciduous Forest, In Leaf,(樹葉茂盛,茂密的闊葉林)



- 材料設為Dense Deciduous Forest, out of Leaf,(落葉後的茂密的闊葉林)



- 材料設為Dense Foliage,(密集植被)

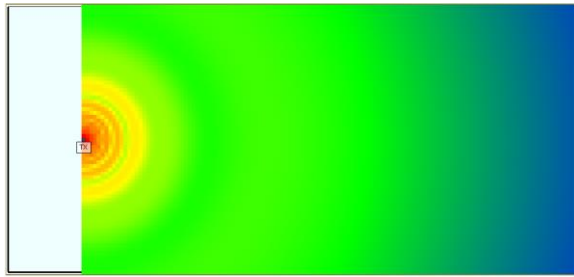


- 材料設為Dense Pine Forest,(密集針葉林)

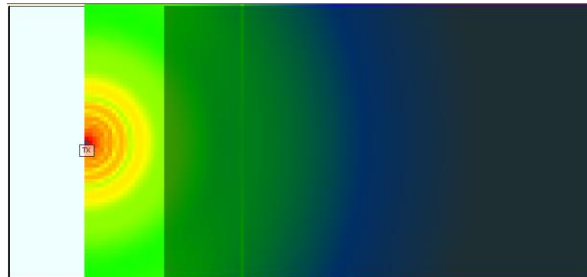
-80.0 dBm

-24.8 dBm

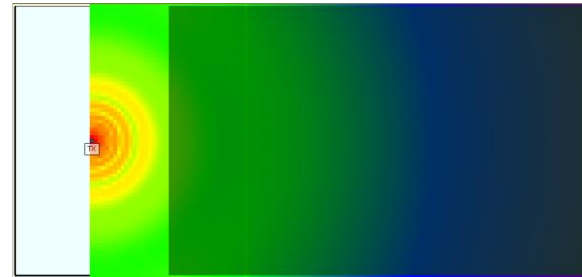
Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 類別, Full 3D 傳播模型)



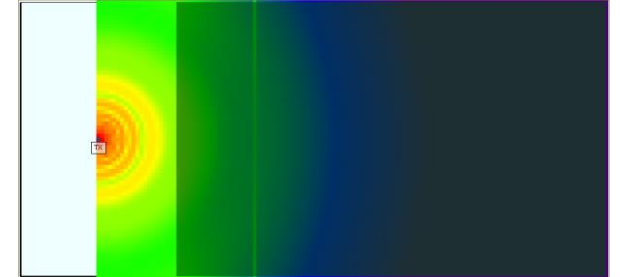
- 對照組, 空房間, 無植被



- 材料設為Sparse Deciduous Forest, In Leaf,(樹葉茂盛,稀疏的闊葉林)



- 材料設為Sparse Deciduous Forest, out of Leaf,(落葉後的稀疏的闊葉林)



- 材料設為Sparse Pine Forest,(稀疏針葉林)

-80.0 dBm

-24.8 dBm

Material :材料庫和常用材料

- Wireless Insite 4.0自帶的材料庫,包含多種常見的建材, 地板, 牆壁, 地面, 土地, 植被, 以及多種常見的通用材料
- 當一個材料配置到一個表面(Surface)上的時候, 這個材料的參數或是數學模型, 會變成這個表面的屬性的一部分, 而不再跟材料庫有任何關聯,所以不會影響到材料庫裏面的原始數據.
- 建立環境特徵(Feature)時, 軟體會自動配置默認的材料, 用戶可以依照需要調整
- 環境特徵 (Feature)建立後, 用戶同樣可以視需要對各種整個環境特徵或單一平面的材料進行配置或修改
- 用戶可以參考教材的建模之章的教學來更改每一個平面的材料

Material :材料庫和常用材料

- 是否為使用中之材料
使用中： Yes
未使用： No

• 材料的種類

• 材料的名稱

• 使用這個材料的環境特徵名稱及類型

- 是否發生散射(Diffuse Scattering)現象?
發生散射：顯示散射模型
不考慮發生散射：None
無散射可能：N/A

Untitled Project - Wireless InSite - 4.0.0.6					
File Edit View Help					
Images Geometry Materials Waveforms Antennas Transceivers Platforms Study Areas Communication Systems Results Browser Graphs and Views					
Use	Type	Description	Geometry	Diffuse Scattering	Notes
Yes	One-Layer Dielectric	Concrete	Untitled Floor Plan [Floor Plan]	None	
Yes	Biophysical	Dense Deciduous Forest, In Leaf	Dense Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Grass	Grass [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Dense Deciduous Forest, out of Leaf	Dense Deciduous Forest Out of Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Attenuation	Dense Foliage	Dense Foliage [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Dense Pine Forest	Dense Pine Forest [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Grass	GRASS2 [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, In Leaf	Sparse Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, out of Leaf	Sparse Deciduous Forest out of Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Pine Forest	Sparse Pine Forest [Foliage]	N/A	
Type	Description	Location	Notes		
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
One-Layer Dielectric	ITU Wood 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
One-Layer Dielectric	ITU Wood 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
One-Layer Dielectric	ITU Wood 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
One-Layer Dielectric	ITU Wood 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
One-Layer Dielectric	ITU Wood 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			
One-Layer Dielectric	ITU Wood 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...			

• 使用中材料區

• 材料數據庫區

• 材料種類

• 材料的名稱

• 材料庫文檔所在磁盤位置

Material :材料庫和常用材料

Type	Description	Location	Notes
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	

在材料庫中選擇一個材料，打開鼠標右鍵菜單

從材料庫中刪除

將所選材料添加到使用中材料

Database Properties

The Following Directories Will Be Scanned:

Active	Location
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4\materials
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.5\materials
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.4.4\materials
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0\materials [Default locat...

Add Edit Remove Set As Default

Default Location Where New Entries Are Stored:
C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0\materials

Close

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?): 0.00

Frequency (GHz): ☒ 1.00

Angle (?): ☐ 0.00

Angular Spacing (?): 1.00

Maximum Frequency (GHz): 10.00

OK Cancel

Layered Dielectric Properties [Read-only]

Short Description: ITU Wood 28 GHz

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thi
1	Untitled dielectr...	1.990	0.1672	0.0

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

打開材料參數窗口

- 設置材料數據庫文檔，添加或刪除納入材料庫的數據庫文檔

- 繪製材料參數曲線圖

Material :材料庫和常用材料

- 軟體建模使用的常用或默認材料

City類別環境特徵的常用或默認材料

名稱	種類	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
混凝土(Concrete)	Layered Dielectric	7	0.015	0.3
磚頭(Brick)	Layered Dielectric	4.44	0.001	0.125
木材(Wood)	Layered Dielectric	5	0	0.03
玻璃(Glass)	Layered Dielectric	2.4	0	0.003
瀝青(Asphalt)	Dielectric Half-Space	5.72	5e-4	N/A

• 常用于大樓外牆以及屋頂，
瀝青經常用于馬路。

Floorplan類別環境特徵的常用或默認材料

名稱	種類	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
多層牆壁，第1層及第3層 (Layered drywall)	Layered Dielectric	2.8	0.001	0.013

• 常用于房屋內部隔間牆壁。

Material :材料庫和常用材料

- 軟體中的常用或默認材料

常用或默認的地形地貌材料

名稱	種類	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
泥土(Wet Earth)	Dielectric Half-Space	20	0.02	N/A
乾泥土(Dry Earth)	Dielectric Half-Space	4	0.001	N/A
乾燥沙地(Dry Sand)	Dielectric Half-Space	4	0.0002	N/A
淡水(Fresh Water)	Dielectric Half-Space	81	0.22	N/A
海水(Sea Water)	Dielectric Half-Space	81	20	N/A

• 可以用來描述各種地形地貌或者是水面。

其他常用或默認材料

名稱	種類	反射係數	透射係數
自由空間 (Free Space)	Free Space	0	1
完美吸收體 (Perfect Absorber) 需配合使用Full 3D傳播模型	Constant Coefficient	0	0

Material :材料庫和常用材料

常用或默認的植被材料				
名稱	種類	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
帶有葉子的茂密闊葉林 (Dense Deciduous Forest In Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
帶有葉子的稀疏闊葉林 (Sparse Deciduous Forest In Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
落葉的茂密闊葉林(Dense Deciduous Forest Out of Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
落葉的稀疏闊葉林(Sparse Deciduous Forest Out of Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
茂密的針葉林(Dense Pine Forest)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
稀疏的針葉林(Sparse Pine Forest)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
草地 (Grass)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A

- 植被代表的是一個區域對電磁波的能量損耗的狀況，而非代表特定材料在一個平面上對射線的效應。
- **Wireless Insite** 會透過用戶輸入的信息換算出一個相當的植被的介電係數等參數，用于計算植被區域的消耗能量相關計算。
- 用戶可以直接選擇最接近現實中場景狀況的植被來使用，如果用戶有相關的信息也可以自行修改植被材料的參數。
- 分布在一個範圍之內的植物有在現實中有很多隨機性，植被材料是一種觀念上用來近似這種環境因素的材料，而不是真的要反映出一片葉子或一根草的介電係數。
- 以上材料需配合**Full3D**傳播模型使用，建議頻率範圍**2GHz**以下

Material :材料庫和常用材料

- Wireless Insite 材料庫提供一些在不同的工作頻率下參數會有變化的材料供用戶選這，其資訊基本上是來自于ITU數據庫。
- 材料名稱後面會有一個代表頻率的標注，如“ITU Ceiling board 2.4 GHz”。
- 用戶可以直接就對應的頻率來選擇材料即可。

常用的 Wi-Fi 頻段材料				
	2.4GHz		5GHz	
材料名稱	相對介電係數	導電度(S/m)	相對介電係數	導電度(S/m)
混凝土(Concrete)	5.31	0.066221437	5.31	0.119959271
乾燥牆壁(Dry Wall)	2.94	0.021552391	2.94	0.036228401
木材(Wood)	1.99	0.012011805	1.99	0.026378732
玻璃(Glass)	6.27	0.01221435	6.27	0.02930827
天花板(Ceiling Board)	1.5	0.001384547	1.5	0.003252009
地板 (Floorboard)	3.66	0.014365084	3.66	0.038735631
完全乾燥地面 (Very Dry Ground)	3	0.001362146	3	0.008659557
中等乾燥地面 (Medium dry Ground)	13.74263889	0.145818416	12.77009884	0.482379843
潮濕地面 (Wet Ground)	21.1366793	0.468129353	15.75916683	1.215492448

Material :材料庫和常用材料

常用的 5G/ 毫米波頻段材料				
	28 GHz		60 GHz	
材料名稱	相對介電係數	導電度(S/m)	相對介電係數	導電度(S/m)
混凝土(Concrete)	5.31	0.483829146	5.31	0.896666691
乾燥牆壁(Dry Wall)	2.94	0.122593378	2.94	0.210221831
木材(Wood)	1.99	0.167171345	1.99	0.3783732
玻璃(Glass)	6.27	0.228667481	6.27	0.567431997
天花板(Ceiling Board)	1.5	0.024132019	1.5	0.058569453
地板 (Floorboard)	3.66	0.397453894	3.66	1.11333046
完全乾燥地面 (Very Dry Ground)	3	0.3	3	0.75
中等乾燥地面 (Medium dry Ground)	5.7	6.5	4.3	14
潮濕地面 (Wet Ground)	5.7	9.5	4.3	15

- 相對介電係數(Relative Permittivity)對於頻率較為穩定，導電率的變化較大。

Material : 建立與編輯

- 用戶可以從Wireless Insite的材料庫中選用需要的材料，并且依照需要修改參數。
- 材料一旦跟配置給建築物或物體等環境特徵就脫離跟材料庫的關係，變成那個環境特徵或是表面(surface)屬性的一部份。
- 用戶也可以從頭開始建立新材料，自行選擇材料的種類并填入參數。

Images Geometry Materials Waveforms Antennas Transceivers Platforms Study Areas Communication Systems Results Browser Graphs and Views					
In Use	Type	Description	Geometry	Diffuse Scattering...	Notes
Yes	One-Layer Dielec...	Concrete	Untitled Floor Plan [Floor Plan]	None	
No	Dielectric Half-...	ITU Wet earth 39 GHz	Untitled Floor Plan [Floor Plan]	None	
Yes	Biophysical	Dense Deciduous Forest, In Leaf	Dense Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Grass	Grass [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Dense Deciduous Forest, out of Leaf	Dense Deciduous Forest Out of Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Attenuation	Dense Foliage	Dense Foliage [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Dense Pine Forest	Dense Pine Forest [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Grass	GRASS2 [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, In Leaf	Sparse Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, out of Leaf	Sparse Deciduous Forest out of Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Pine Forest	Sparse Pine Forest [Foliage]	N/A	

與材料配合的環境特徵之名稱和種類

- 已經和環境特徵配合起來或是納入模擬項目中的材料。

Type	Description	Location	Notes
12-layer dielectric	Lunar Regolith 10 m Depth 2% Metal...	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
12-layer dielectric	Lunar Regolith 10 m Depth 10% Meta...	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	

材料庫中的原始數據

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 早期 Wireless InSite 將牆壁等表面假設為：
 - 光滑表面
 - 質地均勻
- 該假設帶來的便利包括：射線在表面任意位置接觸到的材料參數相同及不會因表面粗糙度額外消耗能量，便于簡化模擬計算，但現實環境遠非如此理想，即便是高質量建材表面，仍存在細微起伏，絕非絕對平滑。
- 解決方法：引入漫反射機制作為連接散射與反射的橋梁，使模擬結果更接近現實世界
- 漫反射定義：融合散射與反射兩種物理現象的作用機制
 - 粗糙表面包含大量細小碎微平面
 - 波面接觸後分裂為多個小波面，向多個方向反射產生散射
 - 散射消耗大量能量，扣除消耗後，剩餘能量沿鏡面反射方向繼續傳播
- 本質為將粗糙表面對電磁波的影響整體納入考慮

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 漫反射(Diffusing Scattering)相關設置分布在 兩個維度：
 - **材料**：定義支持漫反射的材料,并開啓漫反射功能，并賦予場景中的環境特徵或平面
 - **傳播模型**：傳播模型必須支持漫反射機制，且用戶需在模型中啓用該功能，因此**必須選用X3D傳播模型，同時用戶電腦需要有CUDA兼容GPU(遊戲卡即可，不需要高價的計算卡)**
- 觸發條件：
 - **射線接觸使用漫反射材料的平面時，才會在該交互點發生漫散射**
 - 能量消耗依據用戶設定的漫反射模式計算
 - 相較于普通鏡面反射，漫反射會消耗更多能量
- 納入漫反射機制後的模擬優勢：
 - 更真實地反映非光滑表面對傳播的影響
 - 模擬結果更貼近現實世界
 - **可在不添加幾何體複雜細節的情況下，計算出考慮此效應的近似結果**
- 核心價值：以較低建模成本，獲得更高精度的模擬結果
- 可能顯著增加模擬時間，大型場景或允許交互次數較高的場景，使用時可能需考慮優化模型

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)模型的學術背景

- 基礎模型： Degli-Esposti (2007)
- 補充修改： 該團隊 2011 年後續工作中關於交叉極化的修正
- 核心概念：
 - 電磁波從建築表面向各個方向散射
 - 不僅限于鏡面反射
 - 遵循稱為“漫反射”的隨機過程
- 實現方式：
 - 鏡面反射的菲涅耳係數 $\times$ 折減因子
 - 該因子考慮了漫反射功率

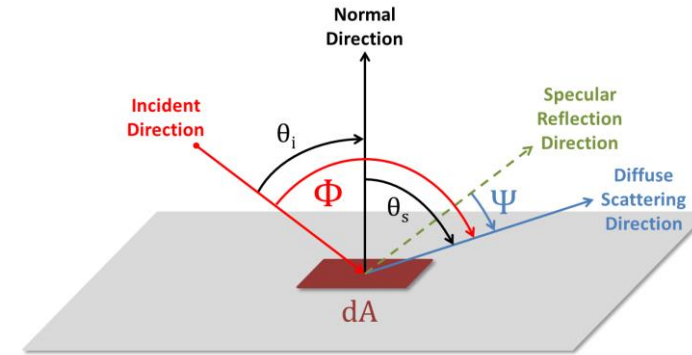
Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)模型的學術背景

- 從表面散射出去而非沿標準鏡面方向反射的功率比例，由漫散射係數 S 定義，其表達式如下：

- $$S = \frac{|E_S|}{|E_i|}$$

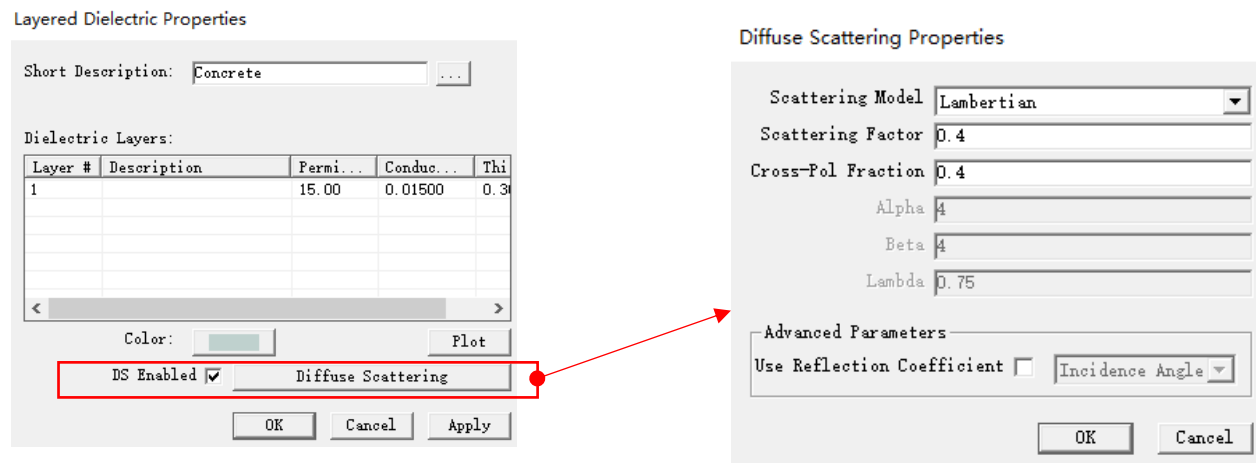
- 或者采用另一種定義方式：

- $$S = \frac{|E_S|}{|E_R|}$$



- 其中 E_S 為漫散射場， E_i 為入射電場， E_R 為在不存在漫散射時平滑表面應有的反射場。
- 在第一種定義中，漫散射功率密度從入射場中分流
- 第二種定義中，漫散射功率密度從反射場中分流，漫散射功率同時取決於 S 和鏡面反射係數 Γ 。
- Wireless InSite 允許用戶在定義材料的漫散射屬性時，通過高級參數 (Advanced Parameter) 選擇 S 的表達式。
- 軟體默認采用第一種涉及 E_i 的表達式，依據在於，散射是由粗糙幾何結構引起的，其中可能包含結構物或附著物體，在許多情況下，散射效應並不直接與介電常數和電導率等常規材料特性相關聯。

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)



- 開啟材料參數設置窗口，如果這個材料支持漫反射就會有DS Enabled選項，勾選後使用這個材料的平面就支持發生漫反射(傳播模型需選擇X3D,并啓用傳播模型的漫反射功能)
- 按下Diffuse Scattering按鍵，可以進入漫反射模式設置窗口
- Diffuse Scattering 配置的窗口有三種散射模型可以選擇
- Lambertian : 均勻的朝向每一個方向發生散射.
- Directive : 朝向反射的前進方向發生散射
- Directive with Back Scatter : 朝向反射前進的方向發生散射, 同時也朝反方向發生散射

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 散射因子 (Scattering Factor, S) 入射電場中被漫散射的比例。有效取值範圍為 0 (無漫反射) 到 1 (全部漫反射)。 S^2 為入射功率密度中被漫反射的比例。
- 交叉極化分數 (Cross-pol fraction, K_{xpol}) 漫反射功率中相對於入射射綫極化方向發生交叉極化的比例。有效取值範圍為 0 到 0.5。
- Alpha (α) 一個介于 1 到 10 之間的整數值，用于控制前向波瓣的形狀。增大 Alpha 會使波瓣變窄。該參數僅在使用定向 (Directive) 模型或帶後向散射的定向漫反射 (Directive with Backscatter Diffuse Scattering) 模型時適用。
- Beta (β) 一個介于 1 到 10 之間的整數值，用于控制後向散射波瓣的形狀。增大 Beta 會使波瓣變窄。該參數僅在使用帶後向散射的定向漫反射 (Directive with Backscatter Diffuse Scattering) 模型時適用。
- Lambda (Λ) 前向波瓣與後向散射波瓣之間的功率混合比例。增大 Lambda 會將更多功率分配至前向。有效取值範圍為 0 到 1。該參數僅在使用帶後向散射的定向漫反射 (Directive with Backscatter Diffuse Scattering) 模型時適用。

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model	Directive With Backscatter
Scattering Factor	0.4
Cross-Pol Fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75

Advanced Parameters	
Use Reflection Coefficient	☒
Incidence Angle	

OK Cancel

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 朗伯模型 (Lambertian Model)

- 朗伯模型是一種簡單模型，其中漫反射集中于散射表面的法線方向，與 $\cos(\theta_s)$ 成正比。由單個積分點引起的接收天綫處（視距路徑）的散射場幅值表達式為：

$$|\vec{E}_s|^2 = \left(\frac{KS\Gamma}{r_i r_s} \right)^2 \frac{\cos \theta_i \cos \theta_s}{\pi} dA$$

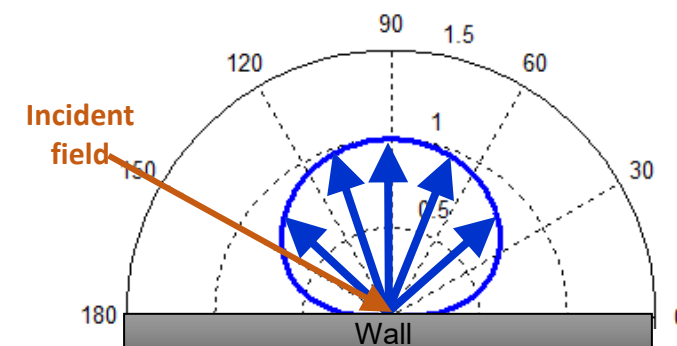
- dA 為積分過程中表面微元的面積；
 - Γ 為鏡面反射係數（幅值），當采用 S 的第二種定義時使用該係數，若采用第一種定義則 Γ 設為 1。
- 當表面處於發射機視距範圍內時，因子 K 定義如下：

$$K = \sqrt{\frac{ZG_{Tx}P_{Tx}}{2\pi}}$$

- G_{Tx} 為發射機在入射到該表面的路徑方向上的增益；
 - P_{Tx} 為發射機的輻射功率。
- 對於更為一般的情況，即入射到表面的路徑可能不在視距範圍內時，上式可簡化為：

$$K = E_i r_i$$

- 其中 E_i 為表面處入射場的幅值， r_i 為從發射機到該表面傳播的距離。



- Lambertian模型: 以法綫方向為中心均勻朝向每一個方向發生散射。

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model	Lambertian
Scattering Factor	0.4
Cross-Pol Fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75
Advanced Parameters	
Use Reflection Coefficient	☐ Incidence Angle
OK Cancel	

- Scattering Factor：代表入射的電磁場能量發生散射的比例，範圍從 0 到 1，軟體的默認數值為 0.4
- Cross-pol Fraction：代表散射的功率發生交叉極化的部份相對於入射電磁場的比例，範圍從 0 到 1 軟體的默認數值為 0.4

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

• 定向模型 (Directive Model)

- 這個模型產生一個以鏡面反射方向為中心的漫散射功率前向波瓣。
- 可調整數參數 α ，用于決定波瓣的窄度—— α 值越大，波瓣越窄。 $|E_s|^2$ 的表達式需要進行歸一化處理，該歸一化取決於 α 和 θ_i 的取值，具體通過以下因子實現：

- 設 Ψ 為鏡面反射方向與漫散射方向之間的夾角，積分項 I_j 定義如下：

$$I_j = \frac{2\pi}{j+1} \left[\cos \theta_i \sum_{w=0}^{j-1} \binom{2w}{w} \frac{\sin^{2w} \theta_i}{2^{2w}} \right]$$

- 其中 I_j 對 j 從 0 到 α 的取值進行計算。歸一化因子為 F_α ：

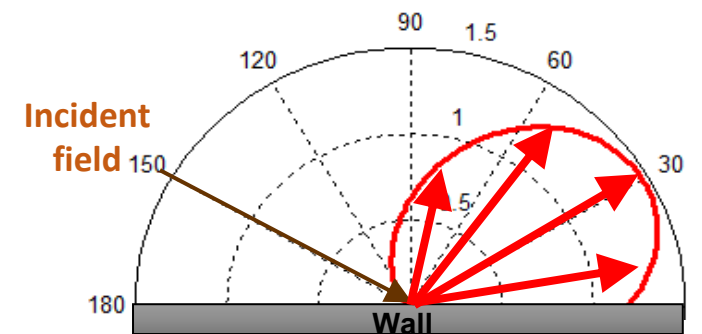
$$F_\alpha = \frac{1}{2\alpha} \sum_{j=0}^{\alpha} \binom{\alpha}{j} I_j$$

- 括號內上下排列整數的表達式為組合函數：

$$\binom{n}{m} = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

- 每個積分點處的散射貢獻值為：

$$|E_s|^2 = \left(\frac{KSI}{r_i r_s} \right)^2 \frac{\cos \theta_i}{F_\alpha} \left(\frac{1 + \cos \Psi}{2} \right)^\alpha dA$$



- Directive模型：朝向反射的前進方向發生散射

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model	Directive
Scattering Factor	0.4
Cross-Pol Fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75
Advanced Parameters	
Use Reflection Coefficient	☐ Incidence Angle
OK Cancel	

- Scattering Factor：代表入射的電磁場能量發生散射的比例，範圍從 0 到 1，軟體的默認數值為 0.4
- Cross-pol Fraction：代表散射的功率發生交叉極化的部份相對於入射電磁場的比例，範圍從0到1軟體的默認數值為 0.4
- Alpha：代表往前方散射的波束的寬度，數值範圍從1~10，默認值為4

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

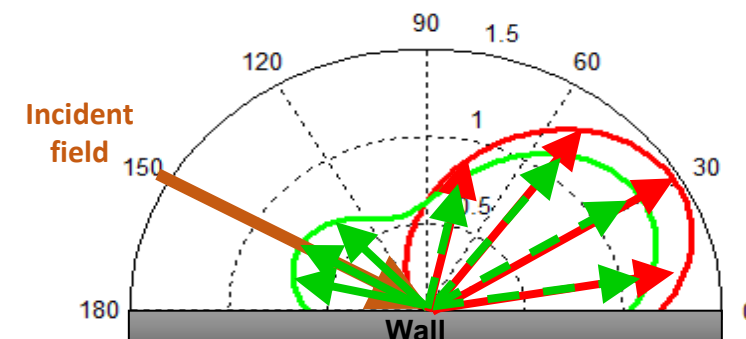
- 後向散射模型 (Backscatter Model)

- 該模型與定向模型類似，不同之處在於它允許漫後向散射，且後向散射具有與前向漫散射相同的波瓣數學形式。
- 前向波瓣中的功率占比為 Λ ，後向散射波瓣中的功率占比為 $(1 - \Lambda)$ 。後向散射波瓣的寬度參數為 β ，後向散射方向（即入射方向的反方向）與漫散射方向之間的夾角為 Φ 。

- 複合漫散射場的表達式為：

$$|\vec{E}_s|^2 = \left(\frac{KST}{r_i r_s}\right)^2 \frac{\cos \theta_i}{\Lambda F_\alpha + (1 - \Lambda) F_\beta} \left[\Lambda \left(\frac{1 + \cos \Psi}{2}\right)^\alpha + (1 - \Lambda) \left(\frac{1 + \cos \Phi}{2}\right)^\beta \right] dA$$

- 當 $\Lambda = 1$ 時，所有功率均沿前向散射，該模型退化為前向散射模型，即模型 2。需要注意的是， β 可以與 α 相等，也可以不等。



- Directive with Backscatter 模型：朝向反射的前進方向發生散射，同時朝反方向也發生散射

Diffuse scattering properties

Scattering model	Directive with Backscatter
Scattering Factor	0.4
Cross-pol fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75

- Scattering Factor：代表入射的電磁場能量發生散射的比例，範圍從 0 到 1，軟體的默認數值為 0.4
- Cross-pol Fraction：代表散射的功率發生交叉極化的部份相對於入射電磁場的比例，範圍從 0 到 1 軟體的默認數值為 0.4
- Alpha：代表往前方散射的波束的寬度，數值範圍從 1~10，默認值為 4
- Beta：代表往後方散射的波束的寬度，數值範圍從 1~10，默認值為 4
- Lambda：代表往前與往後散射的兩個波束的功率比例，數值範圍從 0~1，默認值為 0.75

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

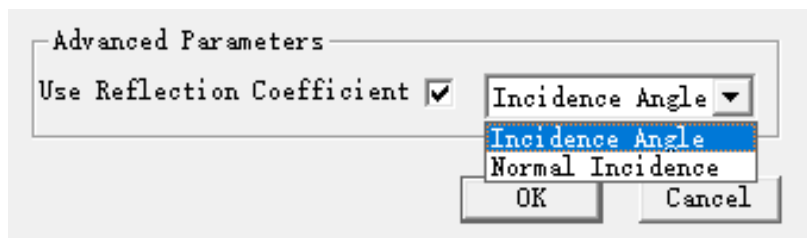
- 同極化與交叉極化項 (Co-Polarized and Cross-Polarized Terms)

- 在文獻中，作者做出了一個簡化假設，即漫散射功率的一半與反射場的極化方向同極化，另一半為交叉極化。
- 這一思路可以推廣為漫散射功率中同極化部分和交叉極化部分各自的占比因子，相應的因子分別為 K_{xpol} 和 $K_{copol} = 1 - K_{xpol}$ 。在定義了該交叉極化因子後，散射電場可表示為：

$$\vec{E}_S = \left[\sqrt{1 - K_{xpol}} |\vec{E}_S| \right] \hat{i}_{copol} + \left[\sqrt{K_{xpol}} |\vec{E}_S| \right] \hat{i}_{xpol}$$

- 其中 $\hat{i}_{copol}$ 為鏡面反射所產生的極化矢量， $\hat{i}_{xpol}$ 為與之正交的極化矢量（即交叉極化項）。

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)



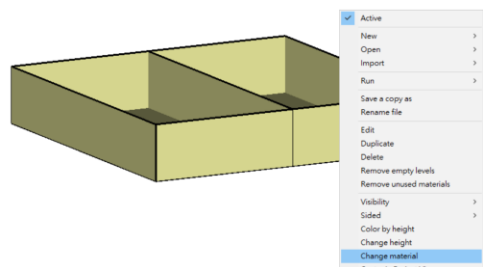
- **高級參數 (Advanced Parameters)** 此選項建議僅由對漫反射模型有深入理解的用戶修改這些參數，通常僅在特殊場景下使用。
- **使用反射係數 (Use reflection coefficient)** 默認處于停用狀態。停用時，漫反射材料會將指定比例 (S^2) 的入射功率密度分流到漫散射中，這會同時降低鏡面反射功率密度和透射功率密度（如果存在透射的話）
- 啓用後，指定比例 (S^2) 的反射功率密度將被分流到漫散射中，而透射功率密度保持不變。需要注意的是，對於大多數材料而言，啓用此選項會減少漫散射功率的總量。啓用後，還有兩個附加選項可供選擇：
 - **入射角 (Incidence Angle)** 使用入射射綫對應的反射係數
 - **法綫角 (Normal Angle)** 使用法綫入射條件下的反射係數進行計算

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

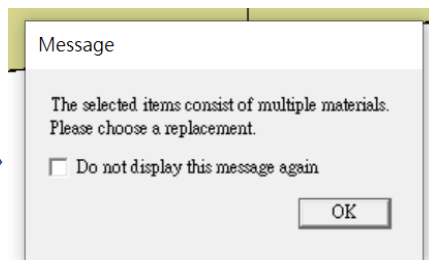
- 在現實環境中散射現象有其隨機性，也跟現場的狀況有關，用戶在選擇散射模型以及填寫相關參數時，可能需要跟量測數據進行比較，來求得最準確的結果
- 散射的計算需要配合X3D StudyArea 裏面的 Diffuse Scattering選項，一個模型裏，必須同時有會發生散射的材料，並且在X3D StudyArea 裏面要打開Diffuse Scattering選項,才會發生散射
- 散射的計算較為複雜，所以會讓模擬的時間變長

,

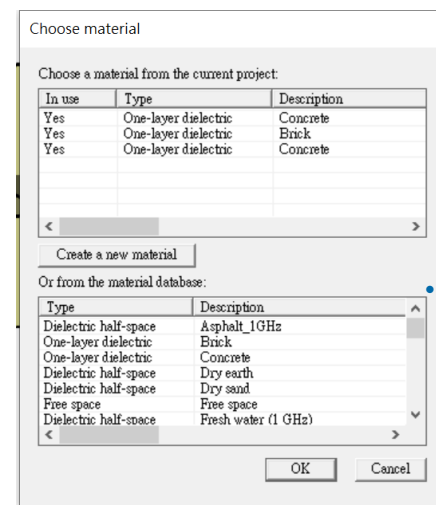
Material : 環境特徵相關配置



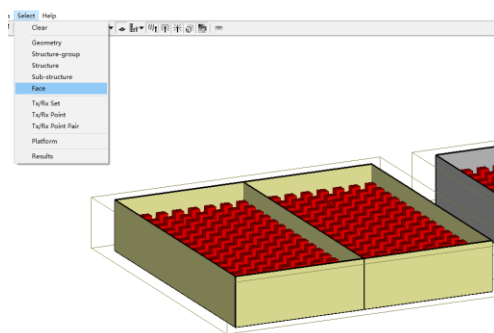
- 選擇一個環境特徵(Feature), 接著在右鍵菜單中選擇 Change Material



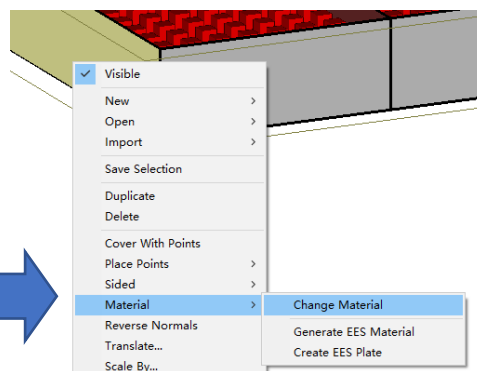
- 信息方塊提醒用戶改變材料可能會影響整個, 環境特徵(Feature)



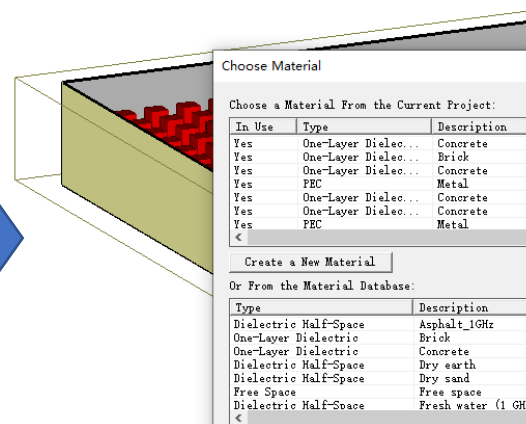
- 選取要使用的材料, 并完成修改



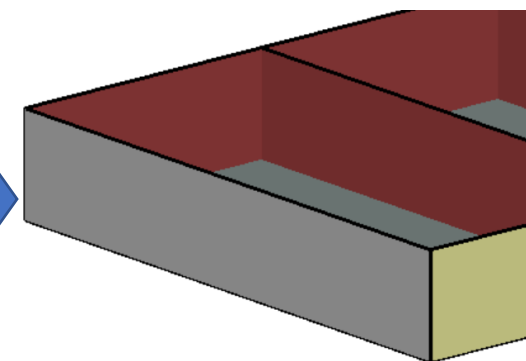
- 在Select菜單中選擇Face



- 用鼠標點選要改變材料的Face,再從右鍵菜單選擇, Material->Change Material



- 選擇要在該平面上使用的材料

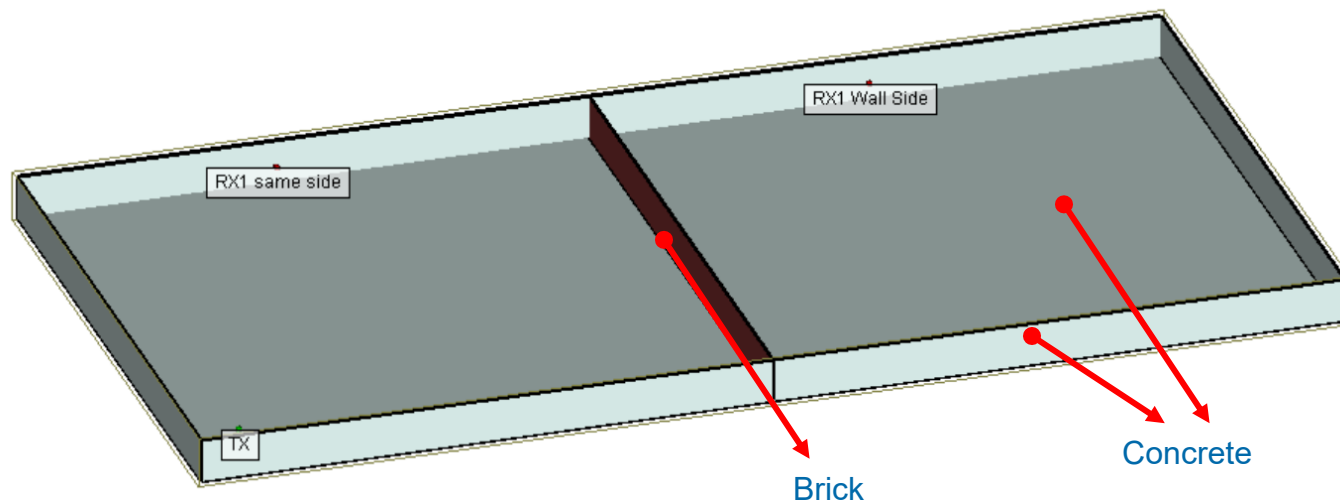


- 完成更改材料, 并且可以在Geometry View窗口確認

Material :材料對模擬的影響

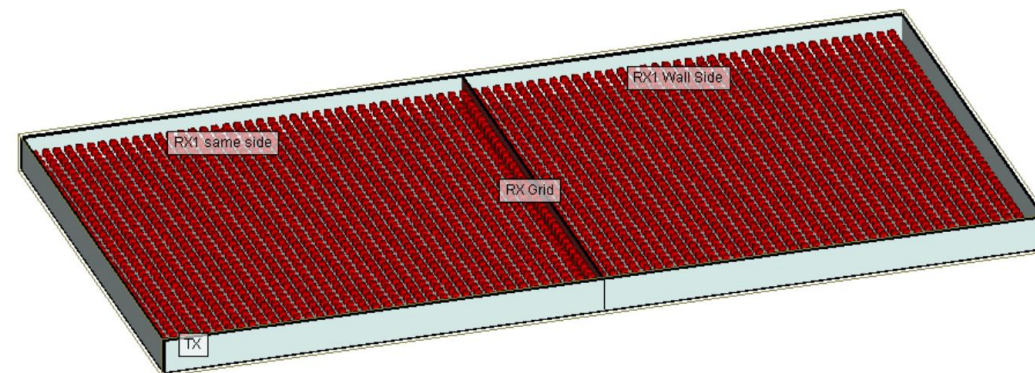
- 材料(Material)作為一個表面(Face)的屬性，會最直接的影響到接觸到這個表面的射線路徑接下來會如何發展, 如是否發生透射或是散射
- 一個表面的材料，也會影響到接觸到這個表面的路徑，會被消耗多少能量,進而影響接收功率等模擬結果.
- 植被類型的材料，會影響到通過植被區域的路徑，大量消耗其能量.
- 以下使用範例來說明，不同的材料對路徑以及模擬結果的影響

Material :材料對模擬的影響



- 共有一個發射器(TX)，至于左下角，另外有兩個點狀的接收器(RX),位于房間中央的隔間牆兩側各一個,主要用來演示路徑以及透射。
- 同時在房間內放置一個接收器陣列，每隔一公尺一個接收器單元，布滿整個房間，用來演示整體接收功率，在不同位置的差异。

- 進行不同材料效果比較模擬的房間，長78米寬40米，高度為三米。
- 標準的對照組，地板，外牆，屋頂，皆為混凝土，只有中間的隔間牆是使用磚塊建構的磚牆。



Material :材料對模擬的影響

- 以下列出在案例中使用的材料

名稱	參數	名稱	參數
標準對照組，材料為磚頭Brick	Permittivity : 4.44 Conductivity : 0.001 S/m Thickness : 0.125 m	PEC Backed Layer PEC底層多層材料	第1層 Permittivity : 4.44 Conductivity : 0.00125 S/m Thickness : 0.3 m 第2層 PEC
Free Space, 自由空間, 無隔間牆	無	Constant Coefficient 恒定參數材料	厚度 : 0.3 m 粗糙度 : 0.02 法向反射係數 : 0.7 法向透射係數 : 0.4 切綫方向反射係數 : 0.7 切綫方向反射係數 : 0.4
PEC	完美導體	Dielectric Half-Space 柏油 (Asphalt)	Permittivity : 5.72 Conductivity : 0.00005 Thickness : 0.3 m 粗糙度 : 0

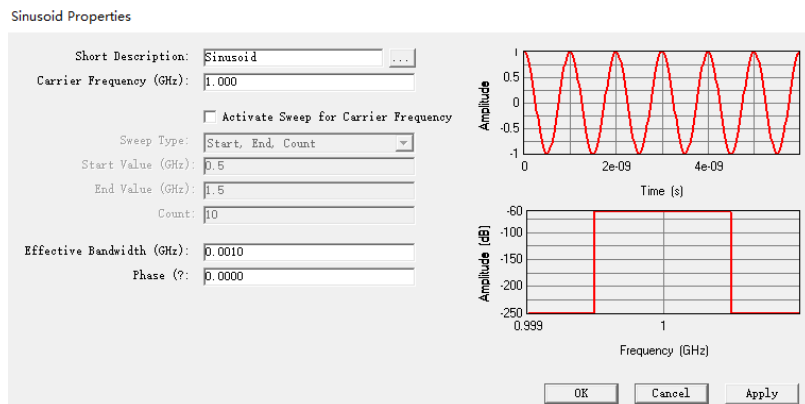
Material :材料對模擬的影響

- 以下列出在範例之中使用的材料

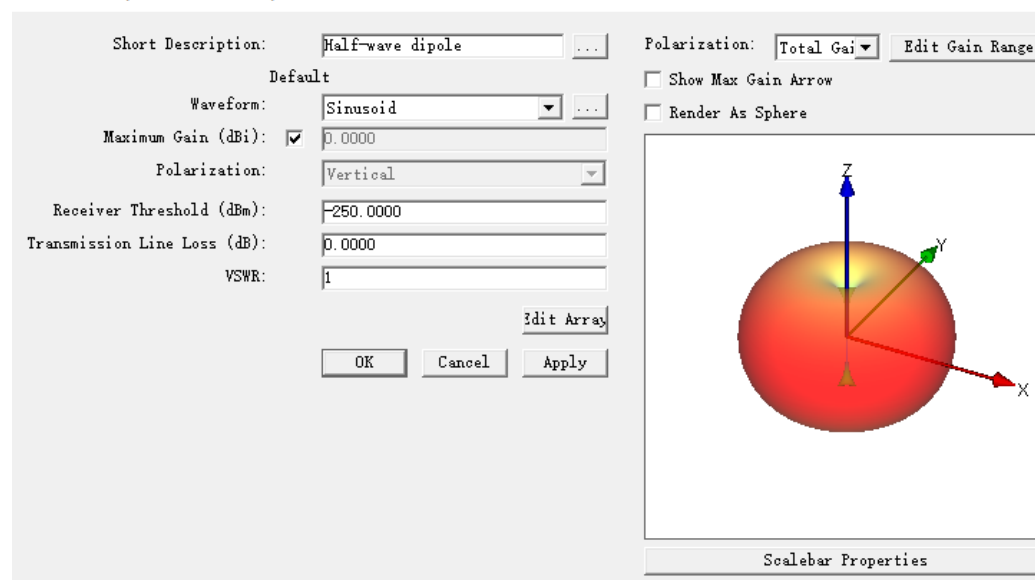
名稱	參數	名稱	參數
多材料構成之蒙蒂卡羅材料	1. Concrete 2. Brick 3. Glass 4. Wood	參數變化型蒙蒂卡羅材料	Permittivity : 15 Conductivity : 0.015 S/m Thickness : 0.3 m 粗糙度 : 0.01
植被	Dense deciduous forest, in Leaf 茂密的闊葉林, 未落葉		

Material :材料對模擬的影響

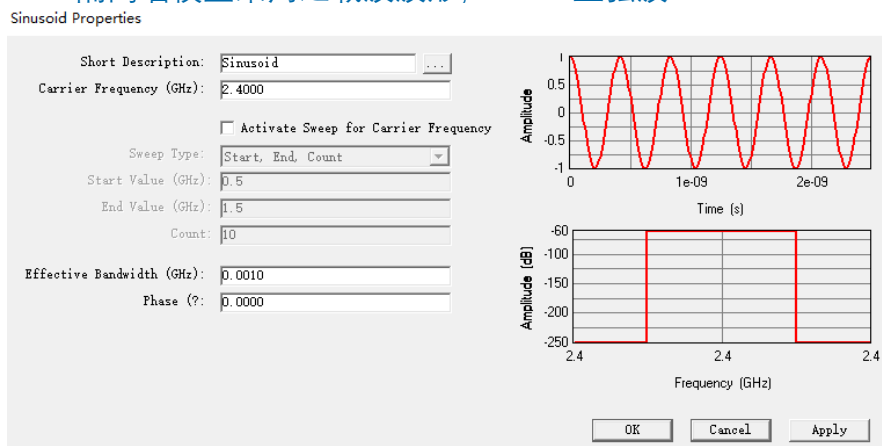
- 模擬計算條件



Half-Wave Dipole Antenna Properties



- 隔間牆模型採用之載波波形，1GHz正弦波



- 所有天線一律採用默認之半波偶極天線

- 植被模型採用之載波波形，2.4GHz正弦波

Material :材料對模擬的影響

- 模擬計算條件

- 選擇X3D傳播模型，運用GPU加速

Study Area Properties

Short Description: Study area 1

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☐ 2

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 4

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

- 沿Theta以及Phi方向每0.25度發出一條射線
- 一條路徑最多6次反射
- 一條路徑最多2次透射
- 一條路徑最多1次繞射

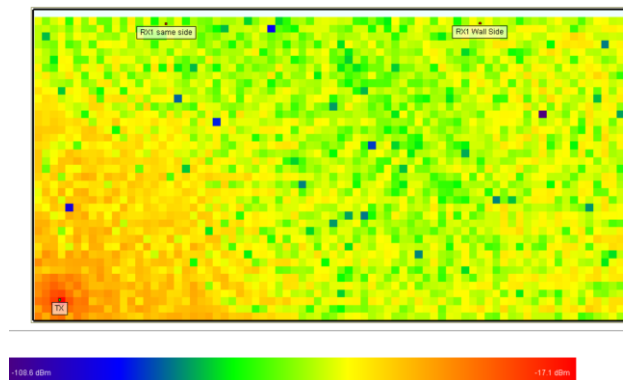
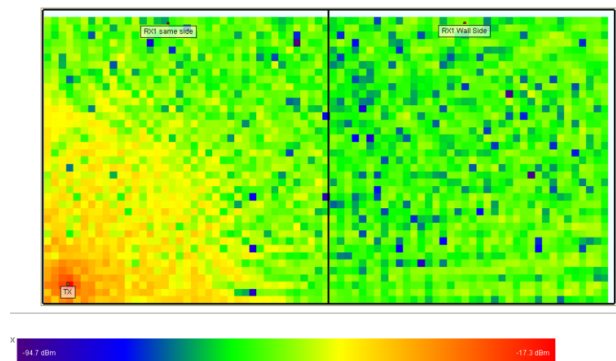
- 植被類材料計算使用的是 Weissberger Model

- 需要使用蒙地卡羅材料時勾選，并作必要之調整

- 需要考慮散射時勾選并加以調整設定

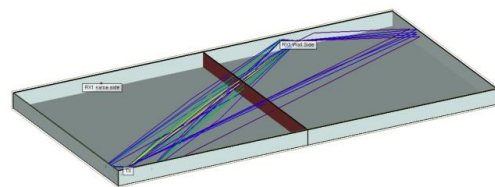
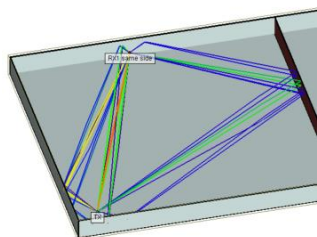
Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較



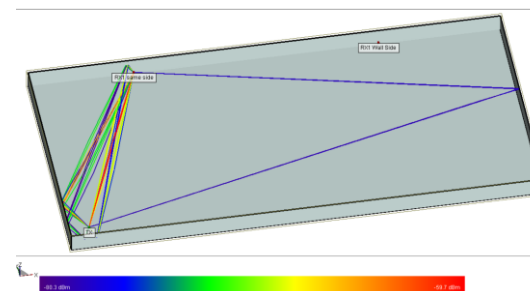
- Free Space 組接收功率

- 標準組接收功率

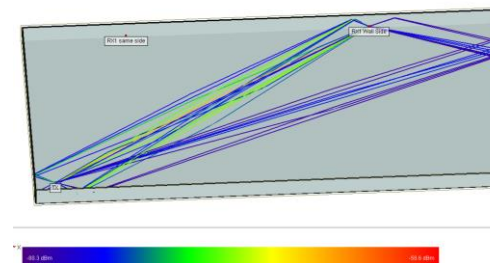


- 標準組RX1路徑

- 標準組RX2路徑



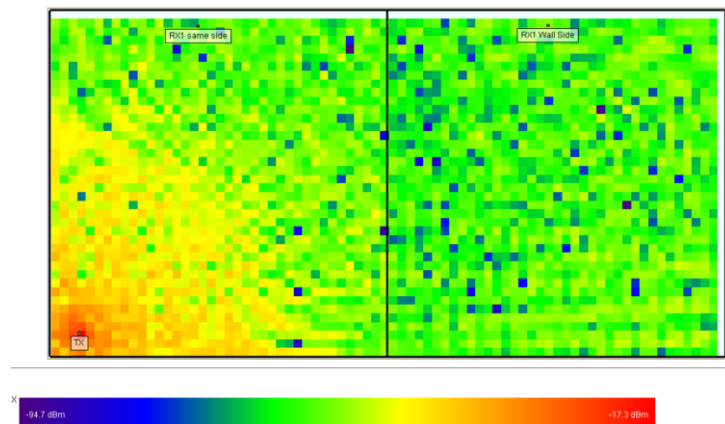
- Free Space 組RX1路徑



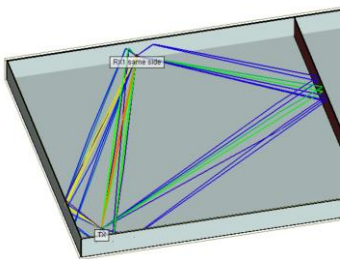
- Free Space組RX2路徑

Material :材料對模擬的影響

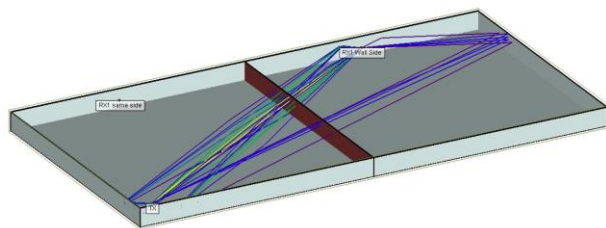
- 模擬結果比較



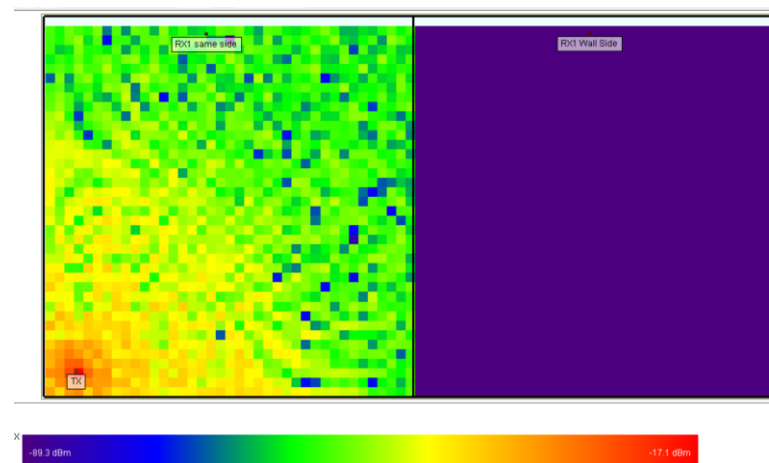
- 標準組接收功率



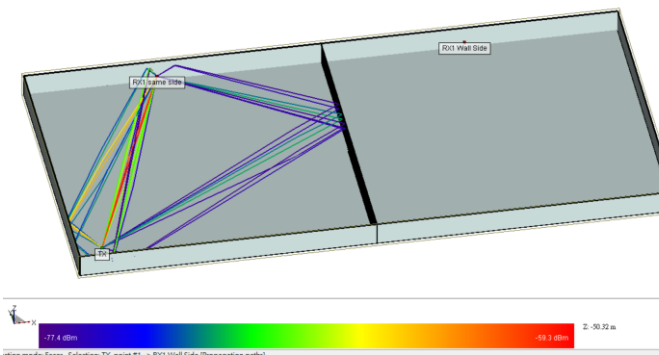
- 標準組RX1路徑



- 標準組RX2路徑



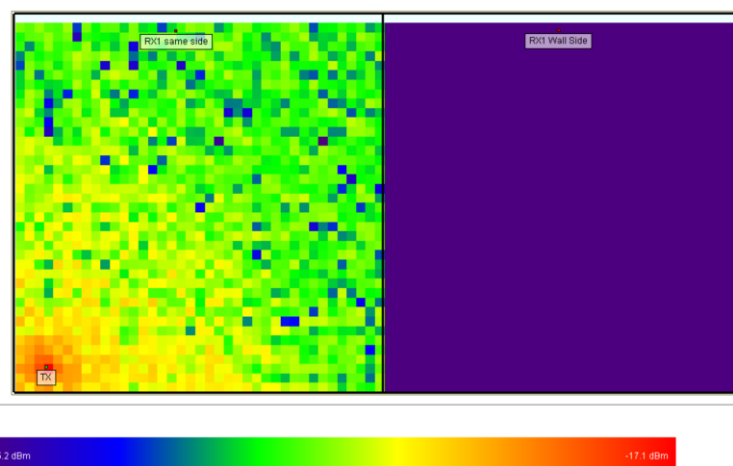
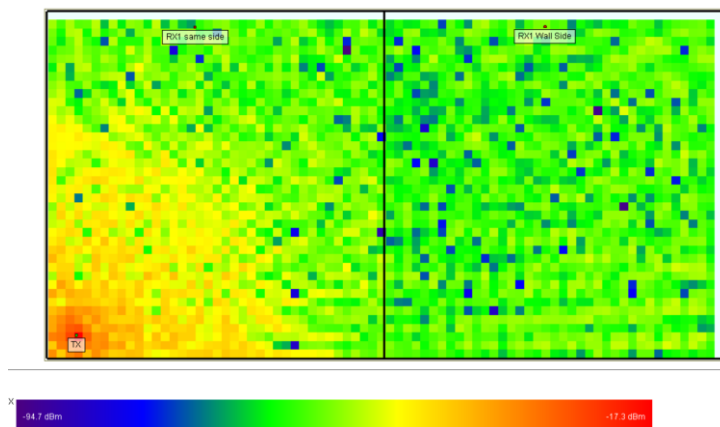
- Dielectric half space組接收功率
- 無透射，牆壁另一側無信號



- Free Space 組RX1路徑
- 無透射，至RX2無路徑

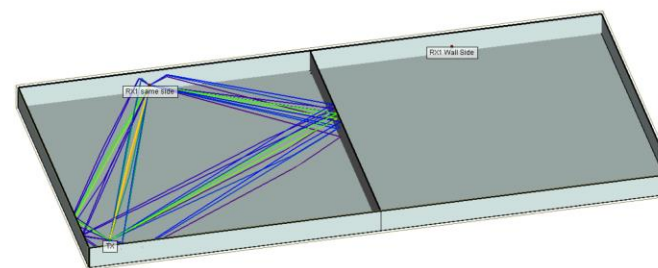
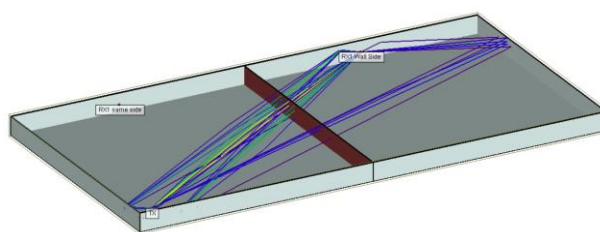
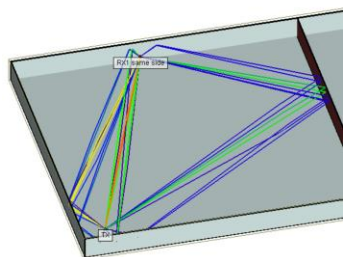
Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較



- PEC組接收功率
- 無透射，牆壁另一側無信號

- 標準組接收功率



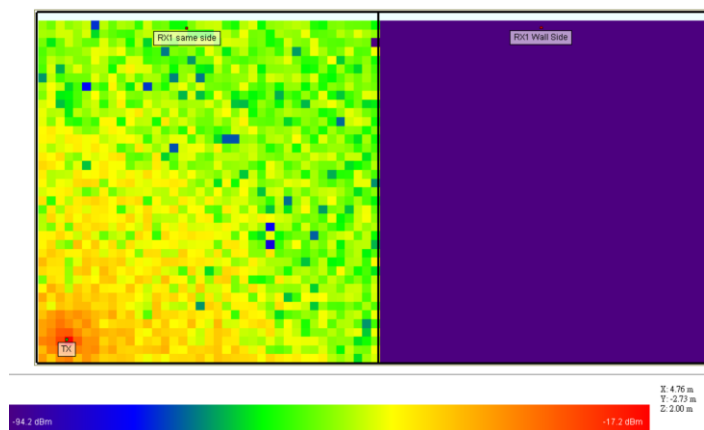
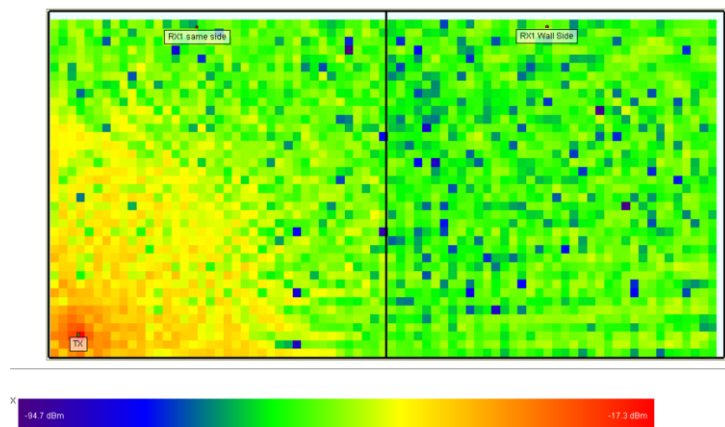
- 標準組RX1路徑

- 標準組RX2路徑

- PEC組RX1路徑
- 無透射，至RX2無路徑

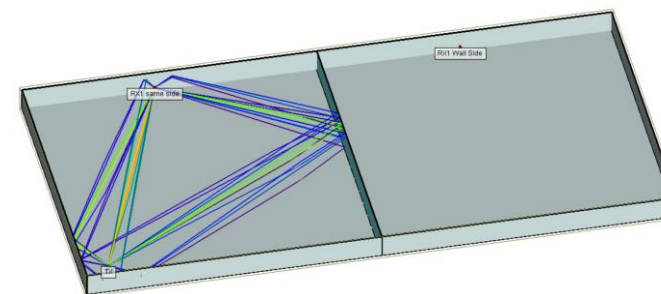
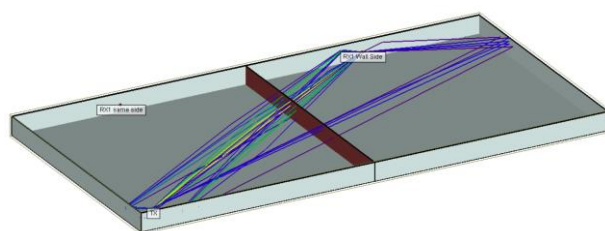
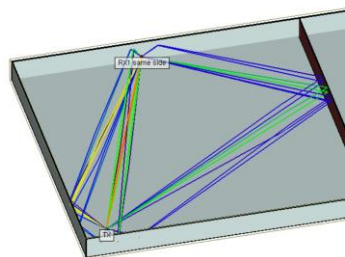
Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較



- PEC Backed layered 組接收功率
- 無透射， 牆壁另一側無信號

- 標準組接收功率



- 標準組RX1路徑

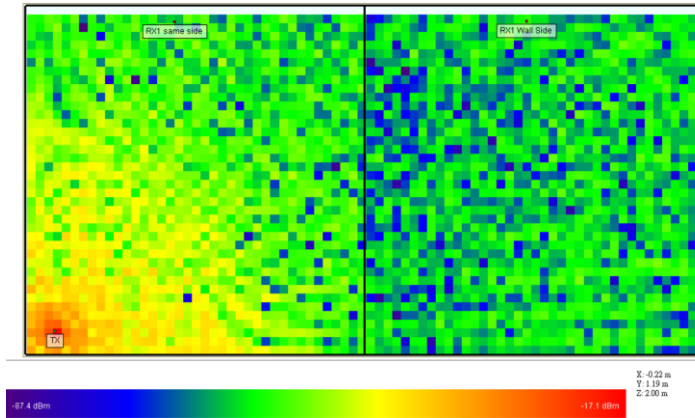
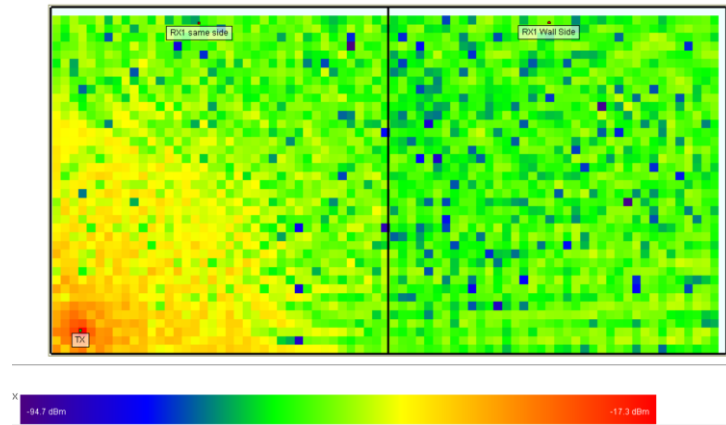
- 標準組RX2路徑



- PEC Backed layer 組RX1路徑
- 無透射， 至RX2無路徑

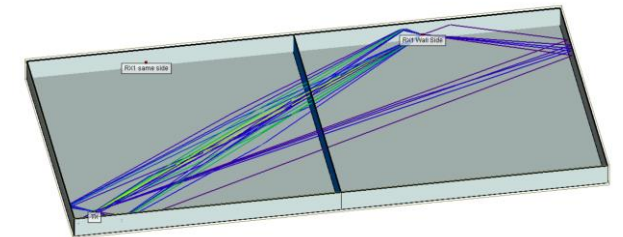
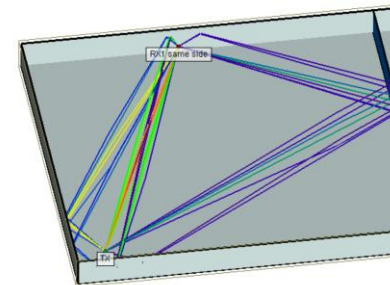
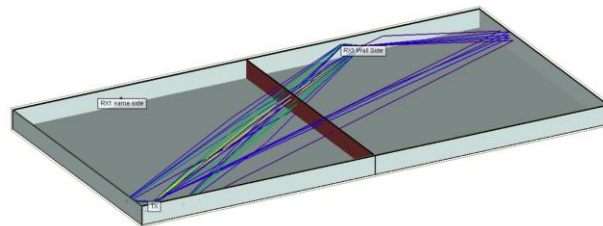
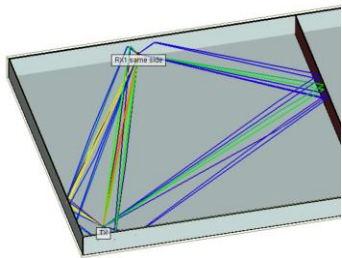
Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較



- Constant Coefficient 組接收功率

- 標準組接收功率



- 標準組RX1路徑

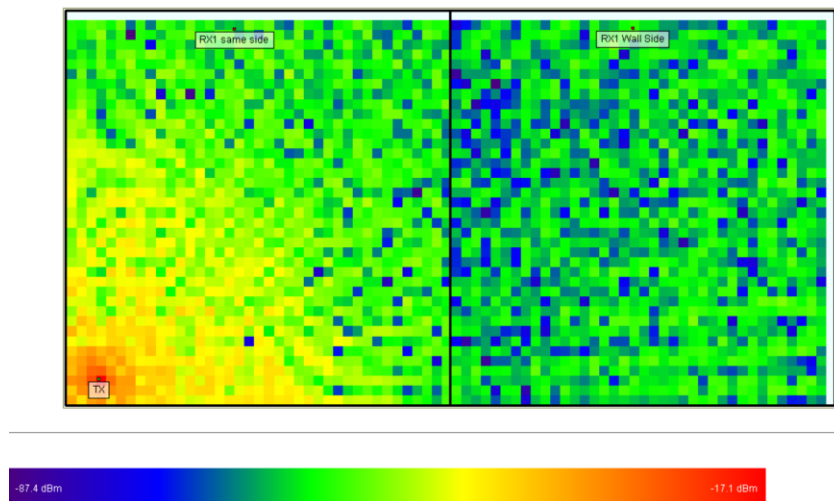
- 標準組RX2路徑

- Constant Coefficient 組RX1路徑

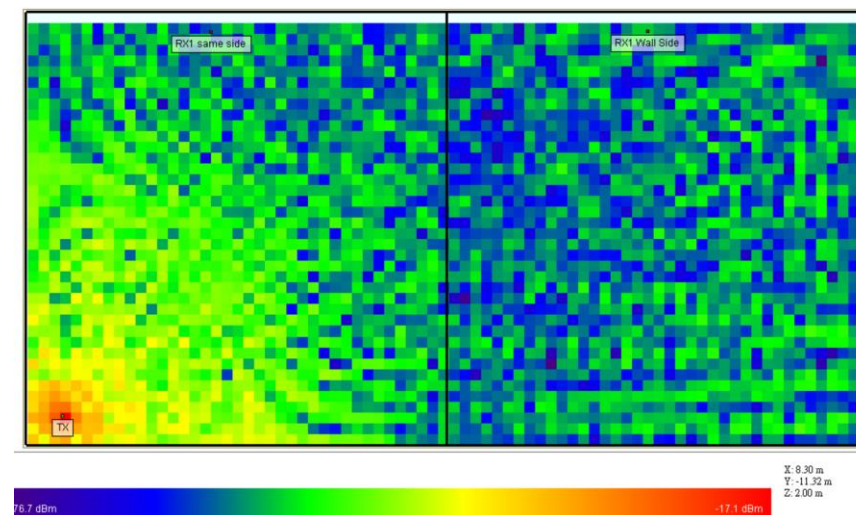
- Constant Coefficient RX2路徑

Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較: 多材料構成之多層蒙蒂卡羅材料接收功率分布



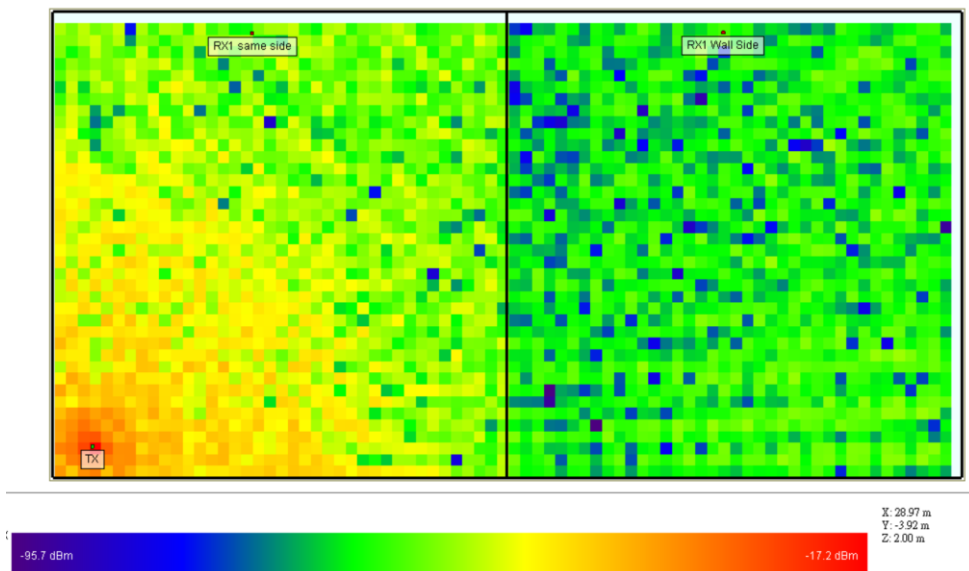
- 關閉蒙迪卡羅材料功能，以第1層材料為代表，整面牆壁視為混凝土材質



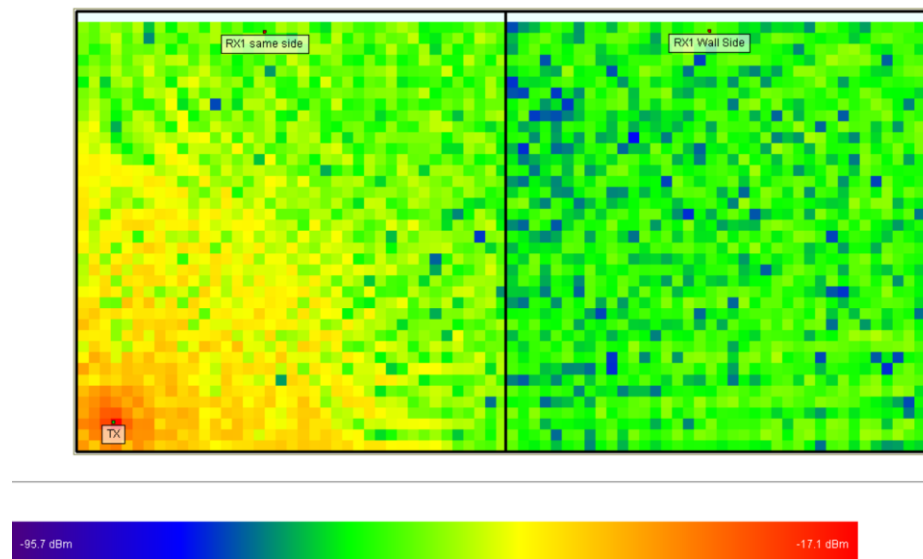
- 開啓蒙迪卡羅材料功能，牆壁被視為有混凝土磚頭玻璃木材等4種材料分布的一個平面

Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較: 多材料構成之參數變化型單層蒙蒂卡羅材料接收功率分布



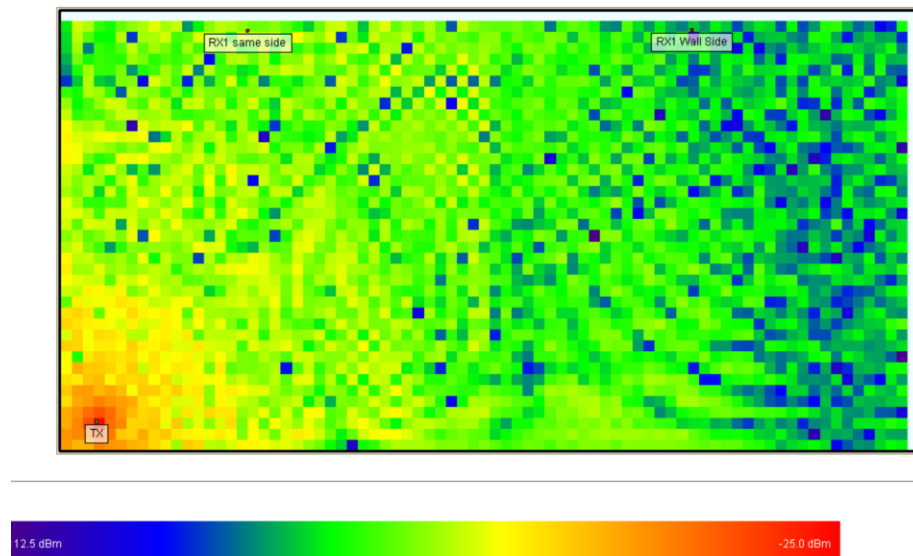
- 關閉蒙迪卡羅材料功能，介電係數等參數不變化.



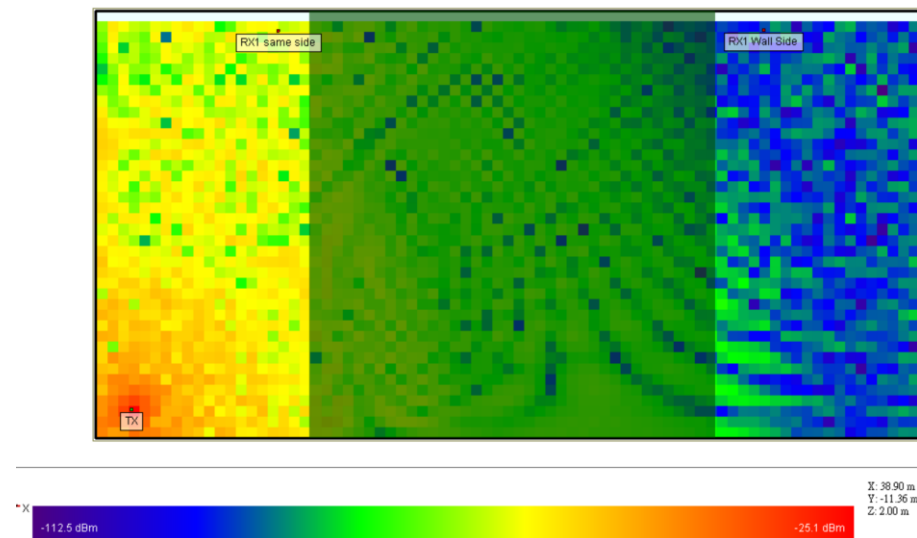
- 開啓蒙迪卡羅材料功能，介電係數等參數會隨著蒙迪卡羅功能設定的分布方式變化

Material :材料對模擬的影響

- 模擬結果比較(植被，帶樹葉的茂密落葉林)
- 使用X3D算法模型時，會使用X3D本身自帶的植被算法模型來計算，而不使用植被材料本身的參數，因而不同的植被材料參數會被忽略
- 使用Full-3D算法模型時，就會使用材料本身的參數進行計算



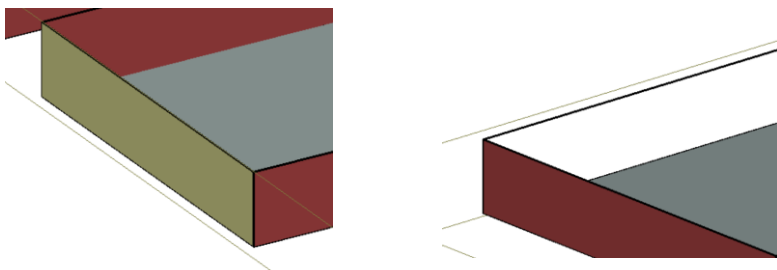
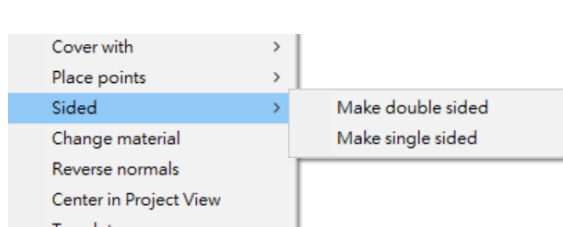
- 標準組接收功率, 2.4GHz信號



- 植被組接收功率, 2.4GHz 信號
- 植被明顯的造成遮蔽

心得

- 材料在決定選用之後會成為模型平面(Surface)的參數。
- 射線在接觸模型表面之後，材料會決定路徑接下來的發展以及消耗的能量。
- 現實世界中的建材等材料種類，質量等變化都很大，並且難以在一個面上面都是均質分布，因此幾乎不可能建立完全參數相同并準確的材料模型在巨觀的模型場景中使用，使用在場景中的材料參數是作為一個代表值來使用。
- 可以將一個平面設定成single sided,這樣一面是Freespace另一面則是原本設定的材料，可以用于特殊場合，設為single sided時從有填充材料的方向入射的波會接觸到有材料填充的實體平面，從另一側入射的波則會直接穿透Free Space



聯繫方式

微信公眾號：Remcom模擬模擬世界



QQ群：REMCOM模擬軟體技術支持
QQ群號： 994349133

Wechat ID : CAEsoftware0822

手機號
+ 886 0960182320 李先生
+ 886 0989610663 翁小姐