

L'antenna c'è ma non si 'vede'

FRANCESCA DE VITA,
SIMONE DI MARCO, FABIO COSTA,
PAOLO TURCHI

Gli aeroplani e le navi 'stealth' non devono rivelarsi ai radar ma le loro antenne, normalmente rilevabili, hanno bisogno di trasmettere e ricevere senza farsi scoprire. Un team del Gruppo Altran studia soluzioni ottimali avvalendosi della grande capacità di simulazione di Comsol Multiphysics



Da quasi 30 anni il Gruppo Altran è leader mondiale nella consulenza e nello sviluppo di soluzioni ingegneristiche innovative e dall'elevato contenuto tecnologico.

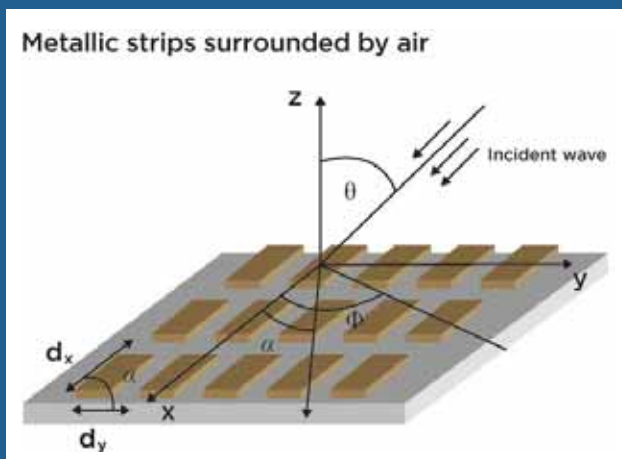
L'azienda fornisce i propri servizi alle maggiori compagnie attive nei settori aerospaziale, ferroviario, automotive, energetico, finanziario, sanitario e delle telecomunicazioni, ed è in grado di intervenire su ogni fase dello sviluppo di un prodotto, dalla pianificazione strategica alla produzione.

Il nostro team lavora prevalentemente nel settore aerospaziale e in quello della difesa e ha sviluppato progetti relativi allo studio del posizionamento delle antenne, come anche al controllo e alla previsione della sezione radar equivalente.

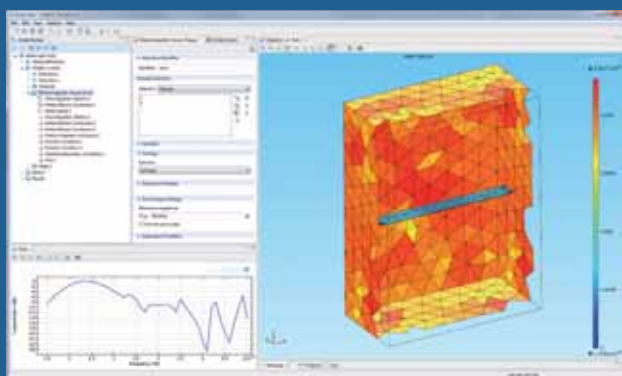
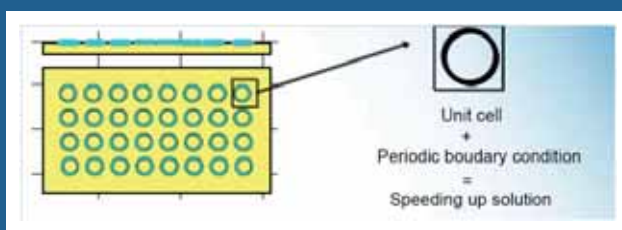
Uno di questi studi riguarda uno dei maggiori passi avanti nelle tecnologie di difesa sviluppate negli ultimi anni: gli aeroplani e le navi 'stealth' in grado di sottrarsi al rilevamento radar.

Generalmente questo è reso possibile grazie alla combinazione di diverse tecnologie, tra cui l'uso di materiali radar-assorbenti e la progettazione di superfici che, grazie alla loro forma, possono riflettere e respingere l'energia che arriva dalla sorgente (radar). In ogni caso, se l'antenna di una nave o di un dispositivo aereo deve funzionare correttamente, essa non può essere completamente mascherata.

L'antenna rimane così un compo-



Dall'alto: un esempio di superficie selettiva in frequenza (FSS) costituita da una serie di strisce metalliche; la funzionalità PBC di Comsol accelera in modo significativo la risoluzione dello studio sulla FSS, simulando una sola cella unitaria; un esempio semplice di FSS basato sull'allineamento di una striscia metallica, con la sua mesh (a destra) e la curva della risposta in frequenza (in basso a sinistra).



la ricezione, ma per ridurre l'RCS devono fare l'opposto, ovvero cercare di ridurla.

Un modo per aggirare il problema è quello di impiegare una superficie selettiva in frequenza (FSS). Essa consiste in una combinazione di fori o superfici sagomati su un substrato ed essenzialmente crea un filtro passa-banda (bandpass filter).

Nella gamma di frequenza voluta, per esempio quella in cui gli operatori radio trasmettono o ricevono, l'antenna agisce normalmente; ad altre frequenze, la FSS assorbe la radiazione incidente invece di rifrangerla.

Le antenne sono generalmente alloggiare in una struttura protettiva chiamata radome; nei dispositivi aerei, questa è spesso situata nel muso.

Se questa struttura è fatta di una superficie selettiva in frequenza, la sua sezione radar equivalente può essere ridotta per tutte le frequenze tranne quelle operative.

Le superfici selettive in frequenza sono generalmente costituite da strutture metalliche dalla forma geometrica arbitraria, disposte in sequenza periodica.

Possono essere costituite da aperture su di uno schermo metallico o da strutture metalliche su substrato dielettrico.

La prestazione di una superficie selettiva in frequenza è correlata alla sua forma, al suo spessore, alla scelta del substrato e alla fasatura tra i singoli elementi.

nente dotato di un'ampia sezione radar equivalente (RCS), che può sostanzialmente annullare l'invisibilità ai radar dell'intero sistema. L'RCS dipende dalla polarizzazione e dalla frequenza dell'onda incidente.

Quando un'onda elettromagnetica colpisce un oggetto, su questo vengono indotte delle correnti elettriche e dall'oggetto si propaga una radiazione secondaria che produce un'onda diffusa. Il campo diffuso viene parzialmen-

te riflesso in modo diretto verso la sorgente dell'onda incidente e questo è il principio su cui il radar si basa. Il picco dell'onda riflessa è correlato al guadagno standard di ricezione di un'antenna e alla superficie effettiva della zona di picco.

L'antenna come punto debole

In questo caso si verifica quindi una singolare contraddizione: i progettisti delle antenne normalmente cercano di massimizzarne



Il team di Altran che si occupa di simulazione, da sinistra a destra: Fabio Costa, Simone Di Marco, Francesca De Vita e Paolo Turchi.

Noi ci siamo focalizzati sulle configurazioni fisiche e sulle frequenze di risonanza per determinate ampiezze d'onda e Comsol Multiphysics è stato uno strumento di fondamentale importanza per i nostri studi.

Una superficie selettiva in frequenza è costituita da una serie di elementi geometrici.

Le FSS possono avere dimensioni elettriche molto ampie, in termini di lunghezza d'onda, con un numero elevatissimo di elementi. Simulare l'intera superficie sarebbe quindi estremamente scomodo e dispendioso in termini di tempo e potenza di calcolo.

Una risposta efficace

Fortunatamente, Comsol Multiphysics ha fornito una risposta molto efficace a questo problema grazie alla funzionalità periodic boundary condition (PBC). Essa consente di simulare una singola cella e, quindi, di riprodurre un processo che richiede meno tempo.

Questa funzionalità dà continuità ai campi elettrici e magnetici, permettendoci di ottenere risultati equivalenti a quelli che avremmo simulando l'intera struttura.

Siamo rimasti impressionati dalla quantità di tempo e di memoria che è stato possibile risparmiare grazie al PBC, pur mantenendo il grado di accuratezza di cui avevamo bisogno per studiare il comportamento di una data geometria. Per una struttura semplice, senza un substrato dielettrico, stimiamo che i tempi di simulazione subiscano una riduzione nell'ordine di 100; per una struttura elettrica molto ampia, potrebbe persino trattarsi di una riduzione pari a 1.000 volte o più.

Per validare la nostra simulazione, abbiamo prima analizzato un caso già affrontato in letteratura e abbiamo replicato in Comsol Multiphysics i risultati noti, con l'intento di mettere a punto la procedura di simulazione. In un secondo passaggio, abbiamo ripreso questa stessa simulazione

già validata e abbiamo modellato altri tipi di superficie selettiva in frequenza, cambiando geometrie e materiali e valutando l'impatto di questi cambiamenti sulle prestazioni delle FSS.

Abbiamo utilizzato il software per studiare le risposte in frequenza di una varietà di dimensioni e forme semplici e la loro distribuzione su una superficie.

È anche possibile rendere il progetto più complesso, usando due strutture con un comportamento complementare. In questo modo possiamo, per esempio, creare una struttura con frequenze di risonanza multiple.

La possibilità di prendere in considerazione un qualsiasi numero di forme evidenzia la capacità del software di supportarci in modo efficace nella ricerca di una soluzione soddisfacente.

Molto lavoro in meno

L'alternativa sarebbe in realtà quella di fabbricare e testare sperimentalmente varie forme per la superficie selettiva in frequenza e ciò richiederebbe un dispendio di tempo e denaro di gran lunga superiore.

Grazie alla modellazione, in pochi minuti possiamo determinare se vale la pena proseguire più dettagliatamente l'analisi di un determinato pattern.

Ora stiamo iniziando ad ampliare il nostro modello per includervi gli effetti del substrato dielettrico. In aggiunta, ci auguriamo di iniziare presto a lavorare con gli algoritmi di ottimizzazione: di aiuto nei casi in cui ci troviamo a dover tener conto di vincoli, come una dimensione massima della cella unitaria.

F. De Vita, S. Di Marco, F. Costa, P. Turchi - Altran Italia