



选择隐形天线的阵列

频率选择表面用作 RF 滤波器，可降低天线的雷达散射截面，它由按某种阵式排列的几何对象组成。存在成千上万种的可能性，实际测试每一种可能性将需要大量的时间。但是借助于仿真，我们只需几分钟就可以找到期望的候选方案。

作者：FRANCESCA DE VITA、SIMONE DI MARCO、FABIO COSTA 和 PAOLO TURCHI (ALTRAN ITALY)

近 30 年来，Altran Group 一直是高科技工程创新与咨询领域的全球领先企业，为航空航天、汽车、能源、铁路、金融、医疗和电信等部门的主导企业提供从战略规划到制造的服务，涵盖项目开发的每一个阶段。

天线成为薄弱点

我们团队的主要工作集中在航空航天和国防工业，我们开展了与天线放置和雷达散射截面预测与控制研究相关的项目。其中之一是实现国防技术中近年来发展的最大飞跃之一——研

发能够躲避雷达探测的隐形飞机和舰船。他们一般需要通过整合几种技术来实现，包括改变目标表面的形状，使能量反射远离探测源，以及采用吸收雷达波的材料。但是，如果舰船或飞机的天线需要正常工作，就不能完全掩蔽它——这也使其成为剩余的具有很大雷达散射截面 (RCS) 的组件之一，而这基本上会破坏整个系统对于雷达的隐形性。

RCS 取决于入射波的极化方式和频率。当电磁波入射到某个目标上时，目标中会产生感应电流，该目标的二次辐射会产生散射波。散射

场的一部分会被直接反射回到入射波源，这就是雷达所基于的原理。峰值反射波与标准天线增益及其峰值有效表面积有关。天线设计师通常要最大程度提高天线增益，但为了减小 RCS，他们必须做与他们通常所做的相反的事，尤其是降低增益。

解决该问题的一种方法是使用频率选择表面(FSS)。它由在基片上按某种阵式排列的型孔或型面组成，实质上构成一个带通滤波器。在预定的频率范围（例如，无线电操作员发射或接收的范围），天线正常工作；在其他频率

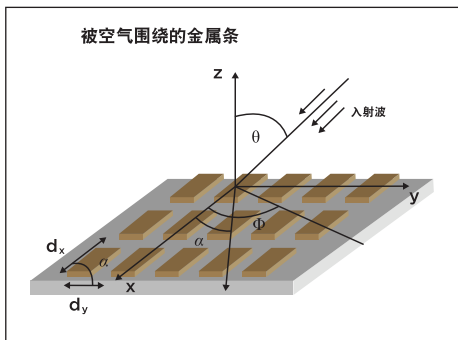


图 1: 由一系列金属条组成的频率选择表面 (FSS) 的示例。

下, FSS 会吸收而不是散射入射波。天线一般被安置在被称为天线罩的保护外壳中; 对于飞机而言, 通常位于鼻翼。如果该外壳由这种 FSS 制成, 则除工作频率之外的其他所有频率下, RCS 会显著减小。

几何阵式用作滤波器

频率选择表面通常由任意几何形状的金属式样周期性排列而成。它们类似于金属网内的网片空缺结构 (见图 1)。FSS 的性能与其形状、厚度、基板选择和各个单元之间的定相有关。我们主要关注某些带宽的物理配置和谐振频率。COMSOL Multiphysics 已经成为了这些研究中的一个重要工具。

“用户可以尝试任意数量的形状, 这突显了该软件帮助我们高效寻找良好解决方案的能力。”

如图 1 所示, FSS 由一系列几何对象组成。FSS 从波长角度来说属于大电尺寸, 并具有很多几何对象, 这使仿真其整个表面变得极其繁琐, 从计算能力和时间的角度来说代价高昂。幸运的是, COMSOL Multiphysics 在周期性边界条件 (PBC) 功能中为这种问题提供了非常方便的解决方案。它允许仿真单个单元体,

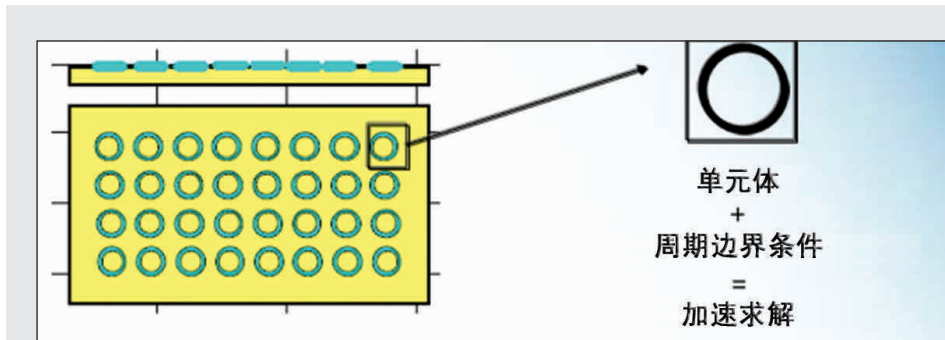


图 2: COMSOL 的 PBC 功能允许仅仿真一个单元体, 可以显著加快 FSS 研究的求解速度。

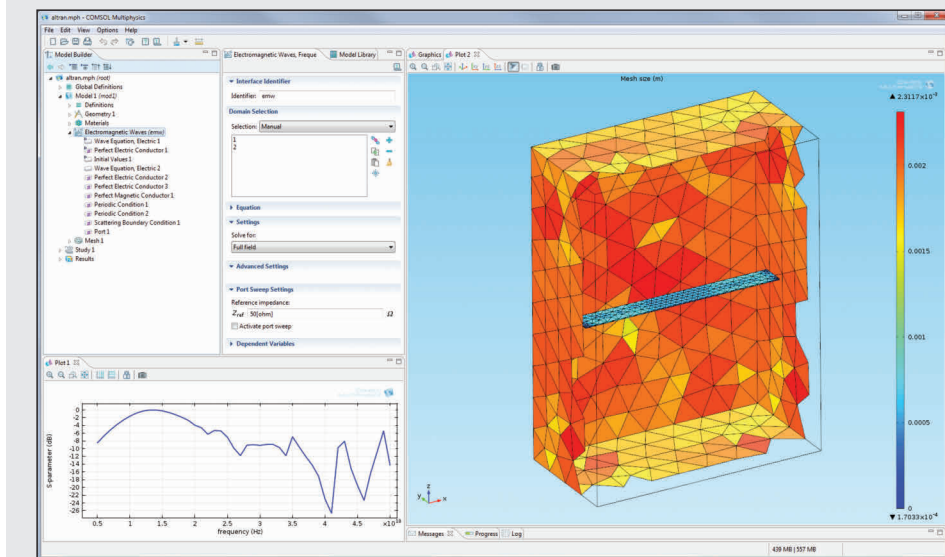


图 3: 基于金属条阵列的简单示例 FSS, 以及它经过网格剖分的几何 (右) 和频率响应曲线 (左下)。后者显示了以 dB 为单位的 S11 参数, 其量级为 10^{10} , 谐振频率约为 40 GHz。凹点对应于最大发射功率。

因而是一个耗时较少的过程 (见图 2)。该功能满足电场和磁场的连续性, 所以我们可以得

到如同仿真整个阵列对象的等效结果。

对于使用 PBC 可能节省的时间和内存, 同时保持研究给定几何行为所需的精确度, 我们印象非常深刻。对于无介质基片的简单结构, 我们估计它可以将仿真时间缩短到原来的 1/100; 对于非常大的电气结构, 甚至可能达到 1/1000 或更低。

图 3 (正上方) 显示了由被空气围绕的简单金属条组成的示例 FSS。为其中一个金属条创建了仿真网格, 从频率图 (右下) 中可以看到它具有处于 40 GHz 区域的通带。

为了验证我们的仿真, 我们先分析文献中一个已经处理过的案例, 并在 COMSOL Multiphysics 中复现已知的结果, 目的是优化仿真过程。之后我们借助这个经过验证的模型, 建立其他类型的 FSS 模型, 同时改变几何形状和材料并评估这些变化对 FSS 性能的影响。



Altran 的仿真团队，从左到右：Fabio Costa、Simone Di Marco、Francesca De Vita 和 Paolo Turchi。

我们使用该软件研究了一系列简单形状和尺寸下的频率响应，以及它们在表面上的分布。此外，通过使用两种具有互补行为的结构还可以使设计变得更复杂。举例来说，我们可以创建具有多种谐振频率的设计。用户可以尝试任意数量的形状，这突显了该软件帮助我们高效寻找良好解决方案的能力。另一种选择是实际制作用于FSS的各种形状并对它们进行物理测试，这将花费大量的时间和费用。通过建模，我们可以在几分钟内确定某种阵式是否值得细究。

我们正在扩展我们的模型，使之考虑介质基板的影响。此外，我们希望尽快开始开发优化算法，以帮助处理面临最大单元尺寸之类制约因素的情形。

免费订阅！

如果您从事仿真驱动的设计，您需要立即注册吧！

www.deskeng.com/subscribe

