# 利用 HFSS 电磁软件仿真设计准八木天线

### 徐君书

上海大学通信与信息工程学院 200072

**摘要:**本文介绍了 Ansoft 三维结构电磁场仿真软件 HFSS 和时域有限差分法,并用这两种方法分别 仿真计算了共面波导馈电的准八木天线,仿真计算结果与实验测量结果非常相近,证明了 HFSS 仿真软件 的有效性。

关键词: 准八木天线、HFSS、时域有限差分法、FDTD

一. 引言

随着雷达、电子对抗和通信技术的日益发展,对天线的带宽提出了更高的要求,由此如何研究设计结构小巧且又具有 宽带特性的天线成为天线发展的一个热点。准八木天线(quasi-Yagi antenna)就是这样一种宽带天线,它继承了八木天 线(Yagi-Uda)的优点,辐射方向性强,而且采用高的介电常数的介质材料,天线的尺寸可以设计的非常小,大约只有半 个波长,并且它是单平面的,易于构成阵列,所以准八木天线的应用前景非常看好。

#### 二. 准八木天线的工作原理

八木天线(Yagi-Uda)是由一个主振子(约为半个波长)、一个反射器和若干个引向器所组成。除主振子和馈电系统 直接连接外,反射器和引向器都是无源振子,各振子均置于同一平面内,如图1所示。反射器和引向器的作用是将有源振



图 1 八木天线



子的能量引到主辐射方向上去。有源振子由于加有高频电动势,在周围空间产生电磁场,使得无源振子中出现电动势感应, 产生相对应的高频电流,这些电流在周围空间再衍生电磁场。由于存在无源振子,根据互感原理在有源振子上也产生相应 的感应电流。所以有源振子上的总电流是激励电流与感应电流之和。可见,无源振子的存在会影响激励单元的电气特性。 只要反射器的长度和它到有源振子的距离选得适当,使反射器和有源振子所产生的电磁场在一个方向(反射器的一边)上至 相抵消,在相反的方向(主辐射方向)上相加,这样就可使天线得到单向辐射特性。这种天线结构简单,所以获得了非常广 泛的应用。

Quasi-Yagi 天线跟传统的 Yagi-Uda 有点相似。如图 2,它主要由两部分构成:上半部分为辐射部分,包括印刷偶极 子和引向器,引向器引导着天线的电磁辐射方向,同时它也是一个输入阻抗匹配元件;下半部分是微带线到共面带状线(CPS) 的转换,微带线的两个臂相差半波长,以实现共面带状线的奇模激励,因而起到一个宽带巴仑的作用,微带线背面截断的 接地面起到反射器的作用。

Quasi-Yagi 天线一个最大的改进是利用了微带线的接地面作为它的反射器,解决了单个偶极部件的应用,天线的印制偶极子产生TE。表面波,而把TM。波抑制到最小,这样就消除了远场区交叉极化,介质板反面的接地面对TE。模来说是一个理想的反射器。



图 3 Quasi-Yagi 天线实际结构图



图 4 HFSS 仿真中 Quasi-Yagi 天线的三维

#### 三. Quasi-Yagi 天线的仿真及与 FDTD 结果的比较

平面天线常用的分析方法有传输线理论、腔模型理论和全波分析法(矩量法、有限元法及时域有限差分法)。作为一种电磁场的数值算法,时域有限差分法在计算平面天线的特性上具有一些很突出的优点:(1)适合模拟各种电磁场结构,用 FDTD 的离散空间网格可以较准确的模拟平面天线的实际结构;(2)易于得到计算空间场的暂态分布情况,这既便于定性理解其工作的物理过程又便于得到供定量分析的有关参量;(3)通过一次时域计算,利用傅立叶变换就可得到频域上的天线参量(如输入阻抗,方向图等)和宽频信息;(4)由于平面天线的几何结构尺寸一般不会比工作频带上的最短波长大很多,所以不会需要用巨额计算网格问题,即分析计算时不会出现存储量过大问题。这些明显的特点使时域有限差分法成为分析平面天线非常有效的方法。

Ansoft 公司的高频三维结构电磁场仿真软件 IFSS 是一个非常成功的商用仿真软件,它能比较准确地模拟各种复杂结构的电磁场问题,这已在许多产品设计上得到验证。本文利用 IFSS 和 FDTD 分别对一个 Qusai-Yagi 天线进行了仿真与计算。 Qusai-Yagi 天线的参数如下:  $L_{dir} = 3.3$ mm,  $S_{dir} = 3.0$ mm,  $S_6 = 0.3$ mm,  $W_2 = 1.2$ mm,  $W_6 = S_5 = S_6 = 0.3$ mm,  $W_1 = W_3 = W_4 = W_5 = W_{dri} = W_{dir} = 0.6$ ,  $L_1 = 3.3$ ,  $L_2 = 1.5$ ,  $L_3 = 4.8$ ,  $L_4 = 1.8$ ,  $L_5 = 1.9$ ,  $S_{ref} = 3.5$ ,  $S_{dir} = 3.0$ ,  $S_{sub} = 1.5$ ,  $L_{dri} = 8.7$ ,  $L_{dir} = 3.3$  (单位: nm)。天线的介质板采用厚度为 0.635mm 的 RT/Duriod,  $\varepsilon_r = 10.2$ , 如图 3 所示。

图 4 是 Qusai-Yagi 天线在 HFSS 中的建模,图 5a,b 分别是 HFSS,FDTD 和实验测量曲线,可见 Qusai-Yagi 天线的带宽非常的宽,这是传统的微带天线无法比拟的。同时由计算和测量曲线可见 HFSS、FDTD 对 Qusai-Yagi 天线的输入反射 损耗仿真计算结果与测量曲线都很接近。但由于 HFSS 采用的是有限元法,而 FDTD 是基于有限元方法的基础上发展起来的一种数值算法,当计算如此复杂的电路时,FDTD 更精确些。不过作为一个商业软件,HFSS 已经足够满足产品设计的要求了。



图 5a Quasi-Yagi 天线的 HFSS 反射损耗仿真曲线



图 5b Quasi-Yagi 天线的 FDTD 计算与实验测量曲线

## 四. 结论

就目前而言,从仿真计算来看,作为一个商业软件,Ansoft 公司的 HFSS 是一种比较高效可靠的三维任意结构电磁场 仿真软件,在工程设计中,它能很大程度上提高设计效率,降低成本。

## 参考文献:

[1] Y. Qian ,A.R. Perkons and T. itoh "Surface wave excitation of a dielectric slab by a Yagi-Uda slot array antenna-FDTD simulation and measurement," 1997 Topical Symposium on Millimeter Proceedings, New York: IEEE .1998.PP.137-140.

[2] Y. Qian et al, "Microstrip-fed Quasi-Yagi Antenna with Broadband Characteristics," *Electronics Letters*, Vol. 34, No. 23, Nov. 1998, pp. 2194- 2196.

[3] N. Kaneda, Y. Qian, and T. Itoh, "A novel Yagi–Uda dipole array fed by a microstrip-to-CPS transition," in Proc. 1998 Asia Pacific Microwave Conf. Dig., Yokohama, Japan, Dec. 1998, pp. 1413–1416.