

# 并行 UTD 算法及在机载天线分析中的应用

张 玉,梁昌洪

(西安电子科技大学电子工程学院,陕西西安 710071)

**摘 要:** 要实现对复杂环境的 EMC 分析,最大的障碍是计算量过大,耗时太长.本文提出 MPI 结合 UTD 的并行算法,实现了大型复杂飞行器机载天线的方向图特性分析.数值结果表明,并行 UTD 算法可以大大节省计算时间.这一方法为在小型机系统下实现大型 EMC 分析软件提供了坚实的基础.

**关键词:** 并行 UTD 算法; MPI; 机载天线; 方向图

**中图分类号:** TN821.8      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0372-2112 (2003) 03-0332-03

## Parallel UTD Algorithm and Its Application to the Analysis of Airborne Antennas

ZHANG Yu, LIANG Chang-hong

(School of Electronic Engineering, Xidian Univ, Xi an, Shaanxi 710071, China)

**Abstract:** Too much time is needed for EMC analysis of complicated EM environment. To overcome this drawback, a parallel algorithm which combined UTD and MPI function is presented in this paper, and the radiation pattern of airborne antennas is analyzed with this method. Numerical results show that parallel UTD algorithm can drastically reduce the computing time. This method provides a solid foundation for complex EMC software on small computer system.

**Key words:** parallel UTD algorithm; MPI; airborne antenna; radiation pattern

### 1 引言

UTD<sup>[1]</sup>是分析电大尺寸目标的电磁辐射和散射问题的一种灵活、有效的高频渐进方法.在 UTD 方法中,如果参与反射和绕射过程的物体几何形状很简单,则射线寻迹的过程也较简单,但如果物体几何形状复杂,则寻迹问题很复杂.复杂的射线寻迹往往不能用解析方法严格求解,只能用数值计算方法求解.而且,对于复杂物体的遮挡判断问题,有时也是要借助于数值算法来完成.对于机载天线<sup>[2]</sup>,把飞机做了模型简化后,即便是仅仅考虑二次射线的寻迹,求解其高频辐射和散射特性的计算量也很大,而且需要很长的时间.另一方面,由于 UTD 方法计算方向图时,可以把总的计算范围分成数个角度区间进行计算,最后进行数据合并、归一化处理,所以便于并行处理. MPI<sup>[3]</sup> (Message Passing Interface) 是一个消息传递接口函数库的标准定义. MPI 已经被实现在 IBM PC/ Windows、所有主要的 Unix 工作站以及所有主要的并行机上.在计算电磁场领域中,近来也有很多的应用.本文主要用 MPI 函数实现高频方法的并行处理,从而解决 UTD 分析飞机上天线的方向图特性时计算量大,计算时间过长的问题.

### 2 并行 UTD 算法

几何绕射理论在求解机载天线方向图时,是首先知道一个源点位置后,假设一个场点位置,然后在飞机各个组合部件

上寻求可能的绕射点,反射点(包含多次绕射、反射点),进而求解存在的直射场、反射场和绕射场,最后把各种场量合并为总的场量.所以,可以考虑把被计算场量的所在位置分成若干个区域分别求解,然后进行汇总,得到整个方向图特性曲线.基于这种思想,我们将并行算法应用到机载天线的分析中,构造了适用于高频方法的并行算法——基于计算区域分解的并行 UTD 算法(以下简称并行 UTD 算法).其计算场区的和处理该区域的 CPU 划分如图 1 所示.

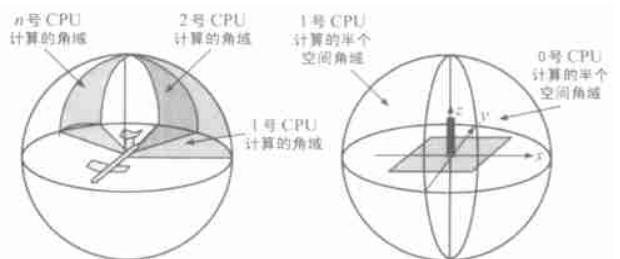


图 1 并行算法区域划分示意图 图 2 方板上单极天线示意图

下面选用最基本的电磁问题,给出一个用 MPI 实现 UTD 并行分析天线方向图的具体例子,来说明 MPI 与 UTD 相结合的方法.图 2 是具体算例的示意图.图中天线所在方板的边长为 1.22 米,天线工作频率为 1.0GHz.

使用并行 UTD 算法分析方向图特性,概括起来主要有

以下步骤:(1)MPI 初始化;(2)为每个 CPU 分配要射线寻迹、求场的角度范围;(3)各个处理器计算自己被要求的射线寻迹、场量求解任务;(4)各 CPU 之间数据交换;(5)由特定 CPU 得出合并后结果.其程序流程如图 3 所示,对于本例,CPU 个数  $N = 2$ .

使用 MPI,可以很方便的实现处理器间的通信.本文是通过使用集成到 Fortran 中的 MPICH 库来实现处理器间的通信.为了确保通信正确,MPI 系统必须用下面的形式初始化:

```
call MPI. Init (ierr) ;
call MPI. Comm. size (MPI. COMM. WORLD ,
numberOfprocessors ,ierr) ;
call MPI. Comm. rank (MPI. COMM. WORLD ,processorID ,ierr) ;
```

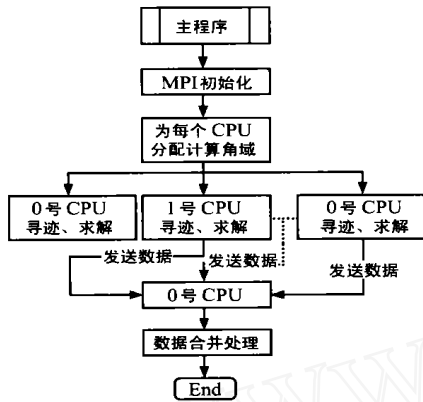


图 3 并行 UTD 程序流程图

其中,numberOfprocessors 是程序运行的处理器的个数.ProcessorID 是运行某个程序具体实例的处理器编号,比如,0 表示在第一个处理器上,1 代表在第二个处理器上等等.ierr 是用来进行错误诊断的结构.MPI. Init () 是使 MPI 系统开始运行,MPI. Comm. size () 获得使用的处理器个数.MPI. Comm. rank () 获得某个程序实例的具体的处理器.

接下来为每个处理器分配计算任务,比如,我们计算图 2 中天线的立体方向图,每个处理器计算的角度区域可以按下面公式计算.

$$mpi(1) = 1 + processorID \cdot$$

$$mpi(2) = mpi(1) + \quad - 1$$

表示 CPU 之间的 角度进间隔.

然后各个 CPU 在被指定的求解范围内,按照一般的 UTD 方法进行射线寻迹、求解场量运算.在这一过程中,由于计算任务被多个 CPU 分担,所以计算总时间被大大缩短.当各个处理器计算完毕后,其他的处理器将计算结果发送给处理器 0,而处理器 0 只要接收其他处理器的计算结果即可.

在 MPI 程序中,各个处理器通过 MPI. Send () 和 MPI. Recv () 来进行信息的传递.在各 CPU 之间完成数据的交换后,由指定处理器(一般用处理器 0)进行最后的方向图数据归一化处理,得出最后的结果.

本例中,并行程序计算用时和串行程序计算用时的比较情况见表 1.

表 1 并行方法与传统方法分析板上单极天线用时情况比较表

名称	CPU 个数	计算时间	数据处理时间	总时间	节省时间比例
并行 UTD	2	4520ms	2000ms	6520ms	31.37 %
串行 UTD	1	9500ms*	0ms	9500ms	

(\*包含数据处理时间.以上结果在 P 866,Windows2000 操作系统下获得.)

为验证算法有效性,图 4 给出了其主平面上的计算结果.

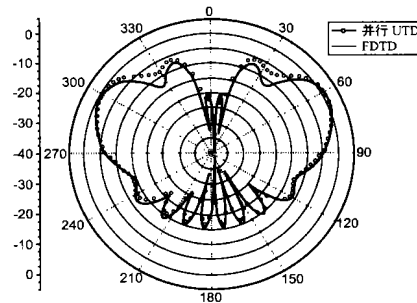


图 4 单极子的主平面方向图

由表 1 可见,在 UTD 求解天线空间的方向图特性时,用两个 CPU 的并行处理就可以节省 30 % 以上的时间.各个角度区域的场量计算是相互独立的,所以在计算各个角度区域的场量的过程中不需要传递数据,只是各个计算区域计算完成后,才需要进行数据的交换、汇总.由此可以预料,CPU 个数增多,射线寻迹、求解场量的总时间减少,总的计算时间还可以节省.对于复杂几何载体上的天线的特性来说,这个时间是非常有意义的.

### 3 机载天线方向图的并行 UTD 计算

利用上述方法,我们实现了某飞机上天线方向图的并行计算,本文给出其中一个结果,并具体说明并行计算在时间方面带来的效益.

下面给出的是某飞机上典型位置处(见图 5)单极子天线在  $\theta = 45^\circ$  且包含  $y$  轴的截面上的方向图曲线.天线参数如下:工作频率:100.0MHz,天线位置:(0.0, - 2.4, 9.519),天线指向:(0.0, - 1.0, 0.0)

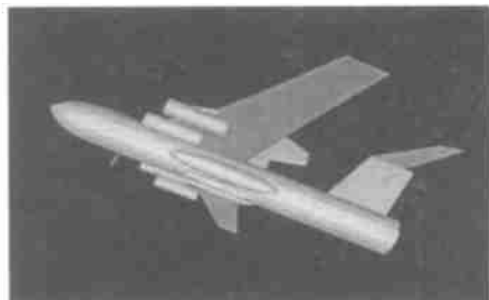


图 5 某飞机计算模型上天线位置示意图

表 2 给出了并行与串行 UTD 计算用时的对比情况.该截面上方向图的计算结果如图 6 所示.

表 2 中节省的时间比例比表 1 中的要大,原因是因为处

理一个面的方向图时,如果是计算的空间取样点数目一样多,最后进行数据交换和归一化处理的时间是几乎相同的.这样,如果场量计算所用的时间越长,而数据处理时间几乎不变,就会导致节省时间比例的上升.表 2 结果表明,在计算机载天线方向图特性时,并行处理是可以节省大量的时间的.由前面的分析,由于总的计算任务被分配到多个 CPU 共同处理,所以 CPU 个数继续增加时,会节省更多的计算时间.在计算机载天线的立体方向图时,  $\theta$  角度即使按照 5 的间隔采样,用上述机型的计算机运算也需要十多小时,而采用本文提出的并行处理方法,假设用  $N$  个 CPU,可以将计算时间缩短到大约为原来计算时间的  $1/N$ .

表 2 并行方法与传统方法分析机载单极天线某截面方向图时间比较表

名称	CPU 个数	计算时间	数据处理时间	总时间	节省时间比例
并行 UTD	2	27m44s	2.5s	27m47s	44.60%
串行 UTD	1	49m19s	0s	50m9s	

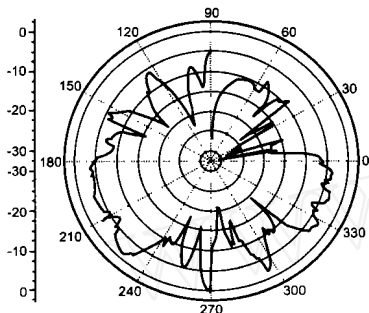


图 6  $\theta = 45^\circ$ , 包含  $y$  轴截面上的方向图

#### 4 结论

本文作为例子给出了在 Windows2000 操作系统下,采用

MPI 实现的适用于多台计算机组成的 Windows 局域网的并行 UTD 算法,并给出了在两台计算机上计算的大型复杂机载天线的数值结果.这一工作为复杂电磁兼容环境的 EMC 软件打下坚实的基础,使实际上采用微机联网的大型 EMC 软件成为可能.进一步的结果将在以后给予报道.

#### 参考文献:

[1] 汪茂光.几何绕射理论 [M].西安:西安电子科技大学出版社,1994.  
 [2] J J Kim, W D Burnside. Simulation and Analysis of Airborne Antenna Radiation Patterns [R]. VS:NASA-CR-181250, Dec, 1984.  
 [3] 都志辉.高性能计算并行编程技术 [M].北京:清华大学出版社,2001.

#### 作者简介:



张 玉 男,1978 年 4 月出生于安徽淮北,现为西安电子科技大学电磁场与微波技术专业博士研究生.主要从事电磁场数值计算、电磁兼容、并行计算等方面的研究工作.



梁昌洪 男,1943 年 12 月出生于上海,教授,博士生导师,曾任西安电子科技大学校长,中国电子学会会士、IEEE Senior member,研究方向包括计算场论、计算微波、微波网络理论、电磁散射与逆散射、电磁兼容等方面.