

## FDTD계산을 위한 복잡한 물체의 기하학적 모형작성방법

김광명, 최창호

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우자면 발전된 과학기술을 받아들이는것과 함께 새로운 과학기술분야를 개척하고 그 성과를 인민경제에 적극 받아들여야 합니다.》

(《김정일선집》 증보판 제11권 138~139페이지)

우리는 불균일플라즈마로 둘러싸인 복잡한 물체에서 전자기파의 산란효과를 보기 위하여 복잡한 물체의 그물분할방법을 연구하였다.

시공간유한계차방법(FDTD: Finite Difference Time Domain)은 불균일매질속에서 매질방정식과 결합된 막스웰방정식을 푸는 위력한 방법이다.[1]

FDTD방법의 리론적기초는 미분형식의 막스웰방정식을 근사적으로 유한계차방정식의 모임으로 쓸수 있다는데 있다. 마당의 마디점들을 적당히 선택하면 유한계차방정식이 경계조건에 대하여 가능한것으로 된다.

플라즈마+전파흡수체(RAM: Radar Absorbing Material)+복잡한 물체에서 전자기파의 전파특성을 정확히 계산하기 위해서는 RAM과 플라즈마구역을 Yee의 표준그물도형(그림 1)

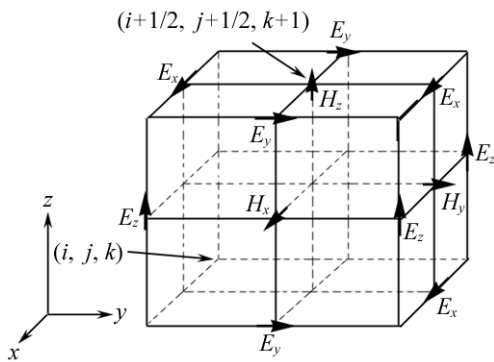


그림 1. Yee의 표준그물도형

으로 분할하고 중심계차공식을 리용하여 막스웰방정식을 수값풀이하여야 한다.[2] 이때 매 자리표축의 간격을  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  로, 시간축을  $\Delta t$ 로 가르고 매 축방향의 세포번호와 시간수를 각각  $i, j, k, n$ 으로 표시한다.

FDTD방법의 계산오차를 줄이고 정확한 풀이를 얻기 위하여서는 계산구역의 리산화 즉 주어진 문제의 조건에 맞게 그물세포를 분할하는것이 매우 중요하다.

복잡한 외형을 가진 물체의 모형은 그것의 기하학적외형의 특징에 따라 몇개의 부분으로 나누고 매 부분들에 대한 FDTD분할을 진행한 다음 매 부분들을 연결하여 전체 리산모형을 만든다.

부분품분할 수값입력을 편리하게 하기 위하여 복잡한 물체를 그 기하학적특징에 따라 몇개의 부분으로 나눈 다음 매 부분들을 각각 독립적으로 처리한다. 다음 매 부분들을 하나로 연결한다. 부분품분할이 적합할수록 모형화일이 간단해진다.

모형의 기하파라미터화일작성 수값입력은 물체의 매개 부분의 외형치수에 따라 진행하는데 적당한 점(형태값점)의 자리표값으로 그 기하모형과 치수를 준다. 형태값점의 선택은 우

선 매 자리표축에 평행인 여러개의 자름면으로 나누고 매 자름면우에서 일정한 개수의 형태점들을 읽어들인다. 자름면위치와 형태점의 밀도는 적당히 선택한다. 외형변화가 심한 곳에서는 자름면위치와 형태값점들을 약간 조밀하게 한다. 매 자리표축방향으로  $N_{sec}$ 개의 자름면을 취하고 매 자름면에서  $N_{smp}$ 개의 형태점을 취하면  $N_{sec} \times N_{smp}$ 개의 형태점을 가진 이 부분품의 외형이 그려진다.

매 부분품의 형태점을 입력할 때 웅근자리표계를 받아들이지 않고 웅근자리표계와 평행이동관계에 있는 상대자리표를 리용하는것이 수값읽기에 편리하다. 부분도로부터 모형을 조립할 때 부분도를 정확한 위치에 이동시켜야 한다.

FDTD분할 매 부분의 형태점이 주어지면 FDTD격자분할을 진행할수 있다. 즉 FDTD구역을 격자로 분할하고 물체에 위치한 격자를 표기한다. 구체적인 방법은 하나의 립방체로 물체를 포위하는 직6면체공간을 주사하는것이다. 분할과정에 FDTD격자의 크기는 몇개의 인자들을 고려하여 확정해야 한다. 특히 컴퓨터주기억기의 제한으로 하여 격자의 크기를 지내 작게 취할수 없다. 립방체의 한변의 길이는 입사파장과 공간분해능의 적과 같다. 실례로 입사파장이 2.07m이고 공간분해능이 1/18파장이면(즉 FDTD계산에서 하나의 파장을 18등분한다.) 립방체의 길이는  $2.07 \times 1/18 = 0.115m$ 이다.

주사과정에 주사립방체와 물체모형의 사검부분의 체적을 부단히 주시해야 한다. 만일 사검부분체적이 주사립방체의 체적의 절반과 같거나 크면 주사립방체중심의 자리표를 기록한다.

$x, y, z$ 의 3개 주사방향에서 주사립방체의 주사걸음은 주사립방체의 길이와 같아야 한다.

리산화후 매개 부분을 이을 때 이미 형태값점수값화일에 매 부분이 전체 자리표계에 해당하는 상대위치가 주어져있으므로 매 부분의 형태값자리표를 이 상대위치로 평행이동시켜 매 부분품을 정확한 위치에 놓을수 있다.

복잡한 물체의 그물작성을 위한 알고리즘은 그림 2와 같다.

자료입력에서는 축대칭모형의 기하학적치수를 입력한 다음 길이변화에 따르는 모형속에 포함되는 중심자리표를 확정한다. 이 중심자리표를 기준으로 하여 주위에 8개의 마디점들을 생성한다. 이 마디점자리표가 모형속에 들어가는가를 판별한 다음 중복되는 자

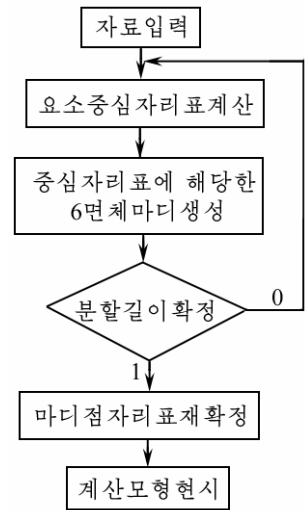


그림 2. 그물작성 알고리즘

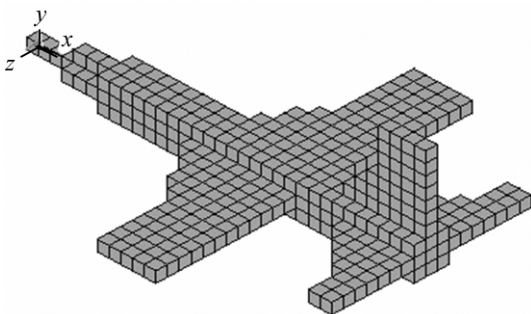


그림 3. 복잡한 물체의 그물세포분할결과

리표를 하나의 자리표로 환산한다. 마지막으로 ANSYS프로그램을 리용하여 마디점과 요소들을 현시한다.

복잡한 물체모형의 그물세포분할결과는 그림 3과 같다.

길이가 660m, 너비는 528m, 높이는 165m인 복잡한 물체에 대하여 분할길이를 20mm로 하였을 때 생성된 마디점의 개수는 3 904, 세포수는 488개였다.

## 참 고 문 헌

- [1] W. Yu et al.; Advanced FDTD Methods, Artech House, 1~18, 2011.  
[2] W. Yu et al.; IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 11, 1, 25, 2011.

주체105(2016)년 1월 5일 원고접수

**A Method to Make the Geometric Model of Complex Object  
for FDTD Calculation**

*Kim Kwang Myong, Choe Chang Ho*

The model of complex object is divided into several parts according to its geometrical configure and FDTD division for each part proceeds. Then the automatic generating method of FDTD grids of complex object is studied by the method for making the every discrete model combining each part.

Key word: three-dimensional FDTD grid