

FDTD를 이용한 Suspended Membrane Microstrip(SMM) Line의 해석

남윤권
충남대학교 전자공학과

Abstract

그림 1에서 볼 수 있는 것처럼 신호선을 지지하고 있는 membrane은 SMM line의 전체 크기에 비해 아주 작다. 따라서 uniform grid를 이용해서 이러한 구조를 해석하게 되면 해석점이 너무 많아져서 많은 메모리를 필요로 하게 되어 일반적인 컴퓨터로는 해석이 어려워지며, non-uniform grid를 사용한다 해도 해석점의 수는 줄일 수 있으나 가장 작은 grid의 크기가 membrane의 크기에 의해서 정해지므로 FDTD 해석에 사용되는 time-step이 아주 작아져서 해석하는데 시간이 오래 걸리게 된다.

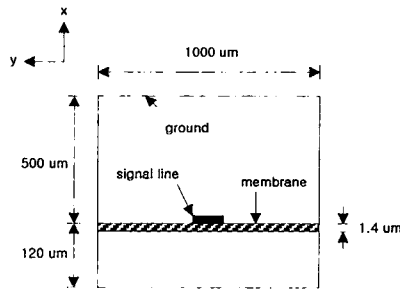


그림 1. SMM line의 전체 구조

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 그림 2에 보여지는 것처럼 하나의 Yee cell에 두 개의 서로 다른 유전체(공기와 membrane)를 포함할 때 사용할 수 있는 FDTD 수식을 유도하였다. 이렇게 유도된 수식을 가지고 SMM line을 해석하게 되면 grid의 크기를 membrane의 크기보다 크게 잡을 수 있기 때문에 해석점의 수를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 FDTD 해석시에 사용되는 time-step의 크기도 적당한 크기를 갖기 때문에 시뮬레이션의 시간이 오래 걸리지 않는다.

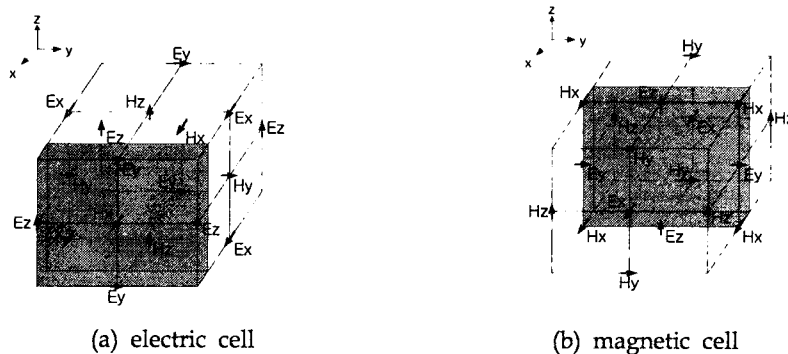


그림 2. 서로 다른 두 유전체를 포함하고 있는 Yee cell

위와 같이 두 개의 다른 유전체를 포함하는 Yee cell의 전장과 자장성분들(H_x , H_y , H_z)을 구하기 위해서 유도된 수식은 다음과 같다.

$$E_x |_{i,j,k}^{n+1} = E_x |_{i,j,k}^n + \frac{\Delta t}{\epsilon_0 \Delta y} (H_z |_{i,j+1/2,k}^{n+1/2} - H_z |_{i,j-1/2,k}^{n+1/2}) - \frac{\Delta t}{\epsilon_0 \Delta z} (H_y |_{i,j,k+1/2}^{n+1/2} - H_y |_{i,j,k-1/2}^{n+1/2}) \quad (1)$$

$$E_y |_{i,j,k}^{n+1} = E_y |_{i,j,k}^n + \frac{\Delta t}{B \epsilon_0 \Delta z} (H_x |_{i,j,k+1/2}^{n+1/2} - H_x |_{i,j,k-1/2}^{n+1/2}) - \frac{\Delta t}{B \epsilon_0 \Delta x} (H_z |_{i+1/2,j,k}^{n+1/2} - H_z |_{i-1/2,j,k}^{n+1/2}) \quad (2)$$

$$E_z |_{i,j,k}^{n+1} = E_z |_{i,j,k}^n + \frac{\Delta t}{B \epsilon_0 \Delta x} (H_y |_{i+1/2,j,k}^{n+1/2} - H_y |_{i-1/2,j,k}^{n+1/2}) - \frac{\Delta t}{B \epsilon_0 \Delta y} (H_x |_{i,j+1/2,k}^{n+1/2} - H_x |_{i,j-1/2,k}^{n+1/2}) \quad (3)$$

여기에서, $B = 1 + A(\epsilon_r - 1)$, $A = \frac{\Delta x'}{\Delta x}$, ϵ_r : membrane의 유전상수이다.

$$H_x |_{i,j,k}^{n+1/2} = H_x |_{i,j,k}^{n-1/2} + \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta z} (E_y |_{i,j,k+1/2}^n - E_y |_{i,j,k-1/2}^n) - \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta y} (E_z |_{i,j+1/2,k}^n - E_z |_{i,j-1/2,k}^n) \quad (4)$$

$$H_y |_{i,j,k}^{n+1/2} = H_y |_{i,j,k}^{n-1/2} + \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta x} (E_z |_{i+1/2,j,k}^n - E_z |_{i-1/2,j,k}^n) - \frac{C \Delta t}{\mu_0 \Delta z} (E_x |_{i,j,k+1/2}^n - E_x |_{i,j,k-1/2}^n) \quad (5)$$

$$H_z |_{i,j,k}^{n+1/2} = H_z |_{i,j,k}^{n-1/2} + \frac{C \Delta t}{\mu_0 \Delta y} (E_x |_{i,j+1/2,k}^n - E_x |_{i,j-1/2,k}^n) - \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta x} (E_y |_{i+1/2,j,k}^n - E_y |_{i-1/2,j,k}^n) \quad (6)$$

여기에서, $C = 1 + A(\frac{1}{\epsilon_r} - 1)$ 이다.

위의 수식을 이용하여 20 - 140 GHz 대역에서 SMM line의 임피던스를 구하여 보았으며 그 결과는 그림 3과 같다.

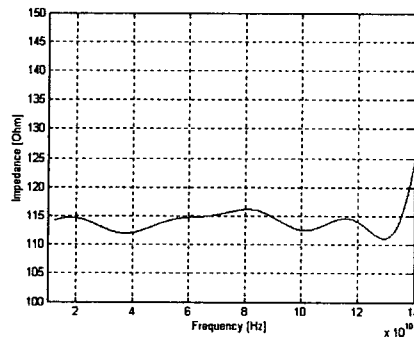


그림 3. 주파수에 따른 SMM line의 임피던스

SMM line의 유효 유전율을 구하여 이것을 이미 발표된 문헌에서 제시된 값과 비교해 보았으며 이를 통해서 구해진 결과와 유도된 수식의 유용성을 검증하였다.

사의 : 본 연구는 한국과학재단 지정 밀리미터파 신기술 연구센터의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.