

論文 92-29A-11-3

GTD를 이용한 경사진 벽으로 막힌 평행도파관의 전자파 산란 해석

(GTD Analysis of Electromagnetic Plane Wave Scattering
by Open-Ended Parallel Plate Waveguide with a Slanted Terminator Inside)

宣 永 植*, 明 魯 勳**

(Young Seek Sun and Noh Hoon Myung)

要 約

본 논문에서는 GTD와 AI를 이용한 고주파 기법을 사용하여 완전도체위에 전자파 흡수물질층을 입힌 경사진 벽으로 막힌 평행도파관의 산란현상을 해석하였다. 이러한 산란현상을 해석을 위하여 첫단계로 GTD를 이용하여 도파관 내부의 임의의 측정점에서의 전자장을 구하고 다음 단계로 도파관 개구부의 전자장으로 부터 얻은 등가전류를 복사적분 방정식에 대입하여 도파관에 의한 산란현상을 해석하였다. 그리고 본 논문의 수치결과와 Mode matching 방법을 이용한 수치결과와 비교함으로써 정확성을 검증하였다.

Abstract

In this paper, a high frequency method is developed which combines the uniform Geometrical Theory of Diffraction(GTD) and the Aperture Integration(AI) to analyze electromagnetic plane wave scattering by a perfectly-conducting, open-ended, semi-infinite parallel plate waveguide with a uniform layer of absorbing material on its inner wall, and with a slanted planar termination inside. In this method, first, the field of an arbitrary point inside the parallel plate waveguide is computed by the GTD. Second, the field scattered into exterior region by the waveguide is found using the equivalent current, which can be obtained from the aperture field of the waveguide and using the AI. Numerical results based on this GTD method are presented and compared with those based on the mode matching method.

I. 서 론

임의의 물체에 평면파가 입사될 때 산란패턴을 구하는 문제는 Radar Cross Section(RCS)과 관련하여 많은 관심을 가지는 연구주제이다.^[1,2] 특히 흡입구 형태의 구

조물(Inlet geometry)은 RCS를 결정하는 주요부분의 하나로서, 이런 구조에 대한 연구는 RCS의 연구에 필수적이다. 이런 구조물을 해석하는 방법으로 컴퓨터를 이용하는 수치계산 방법과 고주파대에서 사용하는 Geometrical Optics(GO, Shooting and Bouncing Rays; SBR), Geometrical Theory of Diffraction(GTD) 등이 널리 사용된다.^[3] 수치해석의 방법으로는 Moment Method(MM), Finite Element Method(FEM), Boundary Element Method(BEM) 등이 있으나 산란

*學生會員, **正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., KAIST)

接受日字: 1992年 6月 10日

체가 전기적으로 큰 경우 계산량이 많아 부적절하므로 수치해석적인 방법과 고주파 기법을 조합한 Hybrid method가 이용된다.^[4] 고주파대에서 사용하는 GTD는 1950년대에 Keller에 의하여 제안되었으며 입사, 반사, 투과 현상을 나타내는 고전적인 Gemetrical Optics (GO)에 기하광학 입사파의 불연속 경계(Incident Shadow Boundary ; ISB)와 반사파의 불연속 경계 (Reflection Shadow Boundary : RSB)를 보상하기 위하여 모서리를 등가전류원으로 해석하여 이것에 의한 회절파(Diffracted field)를 추가한 것이다.^[5,6] GTD에 의하여 계산된 수치는 ISB, RSB에서 무한한 값을 갖는데, 이러한 문제를 해결하기 위하여 Fresnel integral을 포함한 Transition function을 이용하여 유한한 값으로 연속성을 갖도록 개선한 것이 uniform GTD(UTD)이다.^[7,8]

이 논문에서는 전자파의 흡수물질을 입힌 완전도체로 된 2차원적인 평행도파관의 내부에 경사진 평판 벽(Terminator)으로 막힌 구조에 외부에서 평면파가 입사될 때의 산란패턴을 구한다. 이러한 문제를 해석하기 위하여 첫단계로 평행도파관에 평면파가 입사할 때 도파관 내부의 전자파를 GTD를 이용하여 해석한다. 도파관 내부의 전자파는 입구에서 벽으로 전파하는 그룹(Group I)과 벽에서 반사, 회절되어 다시 도파관 입구로 되돌아오는 그룹(Group II)으로 구성되며 Group I은 벽이 없는 반 무한 평행도파관의 경우로 해석할 수 있고 그림 1에서 보듯이 Group II는 벽에 대한 전체 도파관의 영상과 측정점의 영상점을 구한 후 영상점으로 전파하는 전자파로 해석하면 결합도파관으로 전자파가 전파하는 경우가 된다. 그리고 벽과 도파관 내벽으로 이루어진 모서리에서 회절하는 전자파는 회절파이므로 또한 반 무한 평행도파관의 경우로 해석한다.

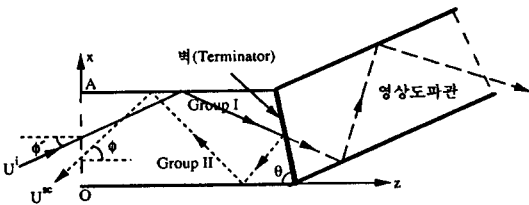


그림 1. 벽에서 반사되는 전자파의 전파 경로
Fig. 1. Ray path which is reflected by the terminator.

외부에서 평면파가 입사될 때 도파관에 의한 산란파(U^s)는 도파관 입구의 모서리에서 곧바로 회절된 산란파(U^{sc})와 도파관 내부로 결합(Coupling)된 후 벽에 반

사, 회절되어 다시 입구를 통하여 복사되는 산란파(U^{sc})로 구성된다.

$$U^s = U^{sc} + U^* \tag{1}$$

도파관 입구의 모서리에서 회절된 산란파는 기하광학파의 불연속을 보상하기 위한 회절파이므로 GTD를 사용하여 직접 구한다.^[9] 도파관 내부에서 복사되는 산란파는 벽에서 반사, 회절되어 도파관 입구로 되돌아오는 전자파를 등가전류로 변환한후 Aperture Integration(AI)을 사용하여 구한다.^[2]

II. GTD에 의한 도파관 내부의 전자파 해석

1. 도파관 입구에서 벽으로 전파하는 그룹

도파관 입구에서 내부로 전파하는 전자파(Group I)의 전파경로는 벽이 없는 반 무한 평행도파관에서의 전파경로와 같다. 반 무한 평행도파관의 내부로 전파하는 전체 전자파는 기하광학(GO)에서의 입사파(U^i), 반사파(U^r)와 모서리에서 회절되는 회절파(U^d)의 합으로 나타내며 다음 식과 같다.

$$U^i = U^i + U^r + U^d = U^{CO} + U^d \tag{2}$$

$$U^{CO} = U^i + U^r \tag{3}$$

반 무한 평행도파관 내부의 임의의 측정점에서의 기하광학파는 외부에서 평면파가 도파관에 입사할 때 도파관으로 전파하는 입사파와 반사파에 의한 것이다. 그림 2와 같이 위상의 기준점을 도파관의 아래 모서리 O로 하고 입사파가 전파할 때 동 위상점을 O'라 하면 입사파는 위상만 변하므로 위상항 $\exp(-jk\overline{OP})$ 를 포함시켜 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$U^i(P) = U^i(O')\exp(-jk\overline{OP}) \tag{4}$$

여기에서 $U^i(P)$ 는 $TM_y(TE_y)$ 경우에 \hat{y} 방향과 평행하게 분극된 전장 입사파(차장 입사파) 성분을 나타낸다. 한편 반사된 반사파를 구하는 방법은 우선 반사된 도파관의 벽에 대하여 측정점의 영상(P')을 구한후 외부에서 입사된 평면파의 입사각 θ' 으로 원점 O와 동 상위점 O'까지 선분을 그린다. 이 선분 ($\overline{OP'}$)이 도파관의 입구를 지나면 도파관의 벽에 한번 반사된 반사파가 측정점으로 전파됨을 알 수 있다. 이때 한번 반사된 반사파는 위상항 $\exp(-jk\overline{OP'})$ 과 도파관 벽에서의 반사계수를 고려하

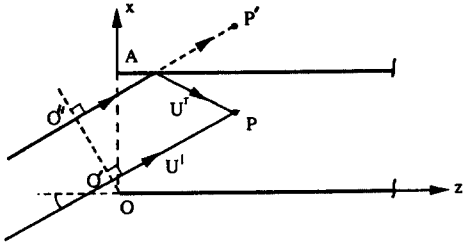


그림 2. 반 무한 평행도파관에서의 기하광학파의 전파 경로

Fig. 2. GO ray path of a semi-infinite parallel plate waveguide.

면 다음과 같다.

$$U^r(P) = U^i(O') R_{s,h} \exp(-jk\overline{O'P'}) \quad (5)$$

여기에서 $R_{s,h}$ 는 각각 TM_y (Soft boundary condition), TE_y (Hard boundary condition)의 경우의 반사계수이다.^[3] 두번 반사된 반사파도 같은 방법으로 구하면 두번 반사된 반사파에 대한 위상항과 도파관 벽에서의 반사계수를 두번 고려하여야 하며 이와 같은 방법으로 여러번 반사된 반사파에 대하여서도 측정점으로 전파되는 전자파를 구할 수 있다. 그림 3에 도파관의 벽에 여러번(n번) 반사되어 측정점으로 전파되는 회절파를 나타냈다. 회절파는 모서리의 등가 전류원에서 전파되는 전자파이므로 일정한 패턴, 즉 회절계수(Diffraction coefficient)를 가지는 원통파(Cylindrical wave)이므로 여러번 반사되어 측정점으로 전파되는 회절파는 기하광학 반사파를 구하는 방법중 영상점 $P^{(n)}$ 을 찾아 선전원에서 영상점 $P^{(n)}$ 으로 전파되는 전파경로를 구하고 위상항과 반사계수를 고려하여 구한다.^[8,9]

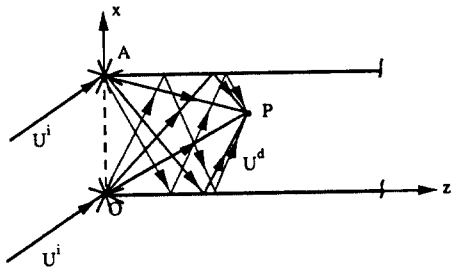


그림 3. 반 무한 평행도파관에서 여러번 반사되어 측정점으로 전파하는 회절파

Fig. 3. Multiply reflected-diffracted field of a semi-infinite parallel plate waveguide.

2. 벽에서 반사, 회절되어 도파관 입구로 전파하는 그룹

도파관에 전자파가 입사할 때 도파관 내부로 전파하여 벽에서 반사, 회절하여 도파관 입구로 되돌아오는 전자파(Group II)는 기하광학과(U^{GO})와 도파관 입구의 모서리에서 회절된 회절파($U^{d, open}$)가 벽에서 반사되는 것과 도파관 입구에서 벽으로 전파되는 전자파가 도파관의 내벽과 도파관의 벽으로 이루어진 모서리에서 회절되는 회절파($U^{d, back}$)로 이루어져있다. ($U^{d, back}$)은 반 무한 평행도파관의 전파현상으로 해석하여 1에서의 회절파와 같은 방법으로 구한다. 벽에서 반사되어 도파관 입구로 전파하는 전자파(U^{GO} , $U^{d, open}$)의 해석은 다음과 같은 방법으로 한다. 도파관을 벽에 대하여 영상을 투사하면 두개의 도파관이 결합된 형태가 되며 이때 실제도파관을 실도파관(real)이라고 투사된 부분은 영상도파관(image)이라고 하였다. 전자파가 도파관의 내벽에 n번 반사되고 벽에서 반사된 후 도파관의 내벽에 m번 반사되어 도파관 입구로 되돌아오는 경우의 전파경로는 실도파관에 n번 반사되고 영상도파관에 m번 반사된 경우로 해석할 수 있다. 전자파가 실도파관에 반사하면 전체도파관(실도파관과 영상도파관)을 반사된 내벽에 대하여 영상을 구한 후 전체도파관의 영상에 전자파가 다시 영상도파관의 내벽에 반사하면 영상도파관만 반사된 내벽에 대하여 영상을 구한다. 그림 4에 실도파관에 2번 반사하고 영상도파관에 m($=0, 1, 2, \dots$)번 반사할 때 측정점의 영상을 나타냈다. 이 경우 측정점의 영상은 P에서 P'' , P''' , $P^{(4)}$ 로 이동된다. 전자파의 전파의 가부는 전자파가 기하광학파일 때는 영상점 P'' 에서 도파관 입구를 향하여 평면파의 입사각도 ϕ' 로 선분을 그려 이 선분이 전체도파관의 영상중 벽의 영상을 지나고, 도파관입구를 지나가는 것을 검증함으로써 알 수 있다. 전자파가 회절파일 때는 회절점과 영상점과 선분을 그려 이선분이 벽의 영상을 지나면 전파가 가능하다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$U_g(P) = (R_{s,h}^+)^m R_{s,h}^{(g)} (R_{s,h}^-)^m U(Q) \exp(-jk\overline{QP^{g+m}}) \quad (6)$$

여기서 $k=g+m$ 이고 $R_{s,h}^+, R_{s,h}^-, R_{s,h}^{(g)}$ 에서 첫 첨자는 각각 $+\hat{z}$, $-\hat{z}$ 방향으로 전파할 때 도파관내벽에서 반사계수와 경사전벽(Terminator)에서의 반사계수를 표시하며 점 Q는 $U(Q)$ 가 기하광학파이면 원점 O와 동 위상인 점이며, $U(Q)$ 가 회절파이면 도파관입구 모서리이다.

III. Aperture Integration

평행도파관에서 산란되는 전체 산란파는 도파관에서

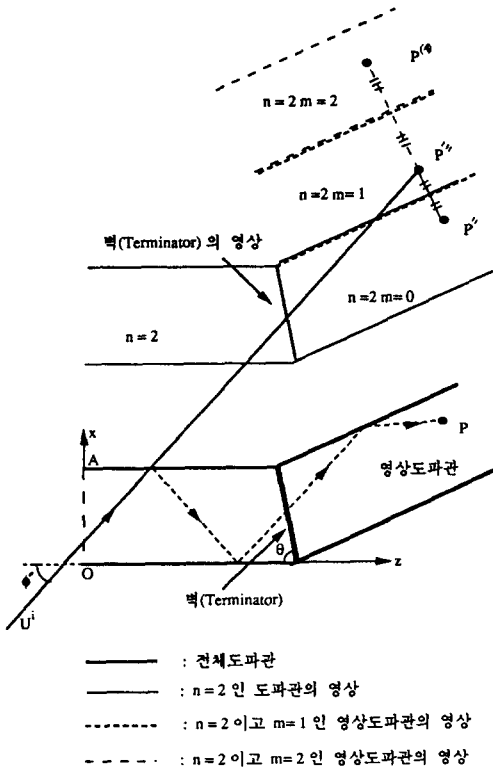


그림 4. 실도파관에 2번 반사되고 영상도파관에 m번 반사된 경우 전체도파관의 영상
 Fig. 4. A ray path which is twice reflected by real waveguide and m-times reflected by image waveguide.

복사에 의한 것과 도파관 입구의 모서리에서 회절하는 파로 이루어져 있으며 도파관입구에서 회절되는 산란파는 GTD를 이용하여 직접 구하고, 도파관에서의 복사에 의한 산란파는 AI를 이용하여 구한다. 도파관에서 복사되는 전자파를 구하는데 AI를 사용하기 위하여 도파관을 포함한 적당한 표면에 도파관의 내부 벽에서 반사되는 전자파에 의해 입구 밖으로 복사되는 원래 전자파와 똑같은 전자파를 복사하는 등가전류 J_s 와 M_s 를 생각할 수 있다.

$$J_s = \hat{n} \times H^{\circ} \quad (7)$$

$$M_s = E^{\circ} \times \hat{n} \quad (8)$$

여기에서 $\hat{n} = -\hat{z}$ 는 주어진 표면에 직각이고 바깥으로 향하는 단위 벡터이며 E° 과 H° 은 각각 도파관에서 복사하는 전장, 자장을 나타낸다. Kirchhoff 근사에서 J_s 와 M_s 는 도파관 내부의 벽에서 반사하여 $z=0$ 에 있는 도파관의 입구에 도달한 전자파로부터 구할 수 있고, M_s 하나만을 다루는 것이 더 편리하다. 그러므로 Kirchhoff 근

사 또는 물리광학(Physical Optics, PO) 근사를 사용한 M_s 는 다음과 같다.

$$2M_s = 2E_a \times \hat{n} \quad (9)$$

E_a 는 도파관으로 전파하여 벽에서 반사하여 입구로 되돌아오는 전장이므로 2에서 설명한 방법에 의하여 구하며, 등가전류 M_s 에 의하여 입구에서 외부의 먼 영역으로 복사되는 E° 는 다음과 같다.

$$E^{\circ} = \frac{jk}{8\pi} Z_0 \int Y_0 \hat{r} \times 2M_s \frac{e^{-jkr}}{\sqrt{R}} dl' \quad (10)$$

여기서 Z_0 (Y_0)는 자유공간의 고유 임피던스(어드미턴스)이고, \hat{r} 는 복사방향으로의 단위벡터이다. 그러면 \hat{y} 방향으로의 전장은 다음과 같이 된다.

$$E_y^{\circ} = \frac{jk}{8\pi} \int_0^a \hat{y} \cdot (\hat{x} \times \hat{r}) 2M_s \frac{e^{-jkr}}{\sqrt{R}} dx' \quad (11)$$

$$R = R_0 - x' \sin\phi \quad (12)$$

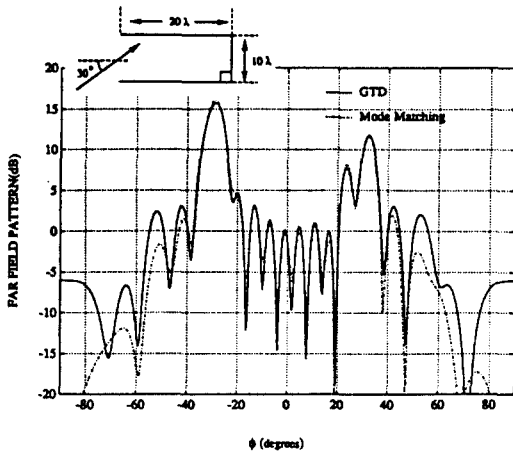
$$\hat{r} = -\hat{x}' \sin\phi - \hat{z} \cos\phi \quad (13)$$

ϕ 는 측정각이고 R_0 는 원점에서 측정점까지의 거리이다. 식 (11)에 (9), (12), (13)을 대입하면 다음과 같다.

$$E_y^{\circ} = \frac{jk}{2\pi R_0} e^{-jkr} \int_0^a E_a \cos\phi e^{jkx' \sin\phi} dx' \quad (14)$$

IV. 수치 결과

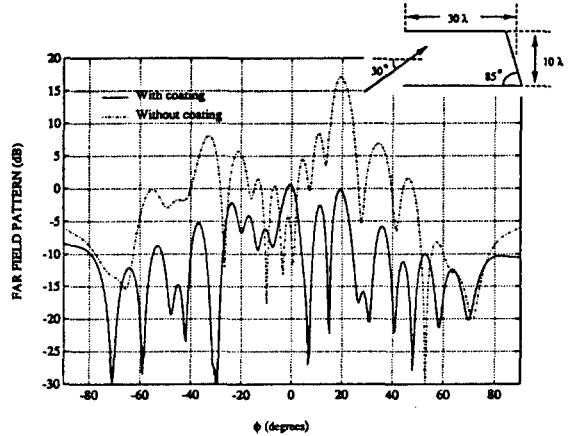
2차원의 평행도파관의 내부에 경사진 벽으로 막힌 구조에 평면파가 외부로부터 입사될 때의 수치를 나타낸다. GTD와 AI를 이용하여 구한 수치와 비교하기 위하여 Mode matching method를 이용하였다.^[4,10] 이 방법은 도파관내의 모드를 쉽게 구할 수 있으므로 도파관 내의 모드를 구한 후 Kirchhoff 근사를 이용하여 입사파와 모드를 비교하여 각 모드의 계수를 구하여 도파관 내부의 전자파를 구한다. 도파관 내부의 전자파를 알면 다시 Kirchhoff 근사를 이용하여 먼 거리 영역의 산란파(Far field)를 구한다. 두가지 방법을 사용하여 완전도체, 수직 평판 벽으로 된 평행도파관에 대하여 구한 결과를 그림 5에 나타냈다. 그림 5에서 보인 바와 같이 Main lobe는 -30° 에서 나타나고, 가장 큰 Side lobe는 30° 에 나타



$\psi = 30^\circ$ $\theta = 90^\circ$
 $a = 10\lambda$ $L = 20\lambda$

그림 5. 수직으로 된 벽으로 막힌 완전도체로 된 도파관에 $TM_y(E'=\hat{y}E')$ 평면파 입사시 원 거리 산란 패턴

Fig. 5. Far field pattern with $TM_y(E'=\hat{y}E')$ case by perfectly conducting, semi infinite parallel plate waveguide with a planar terminator inside.



$\psi = 30^\circ$ $\theta = 85^\circ$
 $a = 10\lambda$ $L = 30\lambda$
 $\epsilon_r = 2.0 - j0.2$ $\mu_r = 2.0 - j0.2$
 $t = 0.05\lambda$

그림 6. 경사진 벽으로 막힌 완전도체로 된 도파관에 $TM_y(E'=\hat{y}E')$ 평면파 입사시 원 거리 산란 패턴

Fig. 6. Far field pattern with $TM_y(E'=\hat{y}E')$ case by perfectly conducting, semi infinite parallel plate waveguide with a slanted terminator inside with absorber coated inner wall.

난다. 이는 산란파에 영향을 주는 주된 전자파가 기하광학파이기 때문이다. 기하광학파에 의한 산란파는 측정각 $\phi = \pm\phi'$ 에서 가장 큰 값이 된다. 또한 측정각 -50° 에서 50° 사이의 두가지 방법에 의한 수치는 서로 잘 일치한다. 그러나 측정각이 $\pm 90^\circ$ 부근에서는 많은 차이가 나는데 이는 Mode matching method가 모서리 영향을 고려하지 아니 하였고, 모드의 계수를 구할 때 Kirchoff 근사를 사용하여 오차가 발생하기 때문이다. 그림 6은 완전도체위에 전자파 흡수물질($\epsilon_r=2.0-j0.2$, $\mu_r=2.0-j0.2$)를 두께 $t(=0.05\lambda)$ 로 입힌 경우와 입하지 않은 경우의 경사진 벽($\theta=85^\circ$)을 갖는 평행도파관에 평면파가 30° 로 입사할 때의 산란패턴이다. 산란파가 큰 수치를 나타내는 측정각은 기하광학파에 의한 산란파의 영향이 가장 큰 각도($\phi = \phi' - 2(90^\circ - \theta)$)와 도파관 입구에서 회절된 전자파가 벽에 반사되어 산란파에 영향을 주는 각도이다. 그림 6에 보인 바와 같이 흡수물질이 없는 경우에는 측정각이 20° 에서 기하광학파에 의한 Main lobe가 나타나며 흡수물질을 입힌 경우에는 0° 에서 Main lobe가 있으며 이는 회절파가 벽에 반사되어 산란에 영향을 주는 각도이며 20° 에서 가장 큰 Side lobe는 기하광학파에 의한 것이다. 일반적으로 모서리에서 회절된 전자파가 벽에서 반사되어 산란파에 영향을 주는 측정각은 전자파의 흡수물질의 특성, 입사각도, 그리고 도파관의 기하학적 구조에 의

하여 결정되며 흡수물질은 전체적인 산란의 양을 감소시키는 효과가 있다. 도파관 입구에서 산란되는 전자파(U^{sc})는 전체 산란현상에 많은 영향을 미치지 못하는 못하다, 도파관에서 복사에 의한 산란파(U^{sc})가 적은 부근($\phi \geq |50^\circ|$)에서는 중요한 현상이 된다.

V. 결 론

이 논문에서는 전자파 흡수물질을 입힌 완전도체로 이루어진 2차원의 평행도파관의 내부에 경사진 벽으로 막힌 구조에 외부로부터 평면파가 입사될 때 산란패턴을 GTD와 AI를 이용하여 구하였다. 평행도파관에 의한 전자파의 산란을 구하기 위하여 첫단계는 GTD를 이용하여 도파관내의 임의의 점에서 전자파를 구하는 알고리즘을 실현하였고, 다음 단계로 이 전자파중 도파관의 벽에서 반사, 회절되어 도파관의 입구로 돌아오는 전자파를 도파관 입구에서 등가전류로 변환하고 복사적분방정식을 사용하여 산란패턴을 구하였다. 이 논문의 결과와 완전도체로 된 수직 평면 벽에 대하여 Mode matching method를 사용한 결과를 비교하면 측정각이 크지 않은 부분($\phi \leq |50^\circ|$)에서는 서로 일치한다. GTD와 AI를 이용하여 경사진 벽으로 막힌 평행도파관의 전자파 산란해

석은 도파관이 충분히 커서 전파모드(Propagation mode)를 수용할 수 있을때 근사적이고 간단하지만 매우 정확한 해석방식이다. 또한 이 방법은 기존의 다른 방법에 비하여 전자기파의 수렴이 빠르고 전자기파의 결합, 산란현상에 대한 것과 도파관 내부에서 흡수물질에 의한 전자기파의 감쇠에 대한 효과를 물리적으로 쉽게 이해할 수 있는 장점이 있다.

參 考 文 獻

- [1] E. H. Newman and R. J. Marhefka, "An overview of MM and UTD methods at ohio state university", *Proc. IEEE*, vol. 77, pp. 700-708, May. 1989.
- [2] P. H. Pathak and R. J. Burkholder, "Modal, ray and beam techniques for analyzing the EM scattering by open-ended waveguide cavities", *IEEE Trans. on Ant. and Propagat.*, vol. 37, pp. 635-647, May. 1989.
- [3] H. Ling, R. C. Chou, S. W. Lee, "Shooting and bouncing rays : Calculating the RCS of an arbitrarily shaped cavity", *IEEE Trans. on Ant. and Propagat.*, vol. 37, pp. 194-205, Feb. 1989.
- [4] H. Ling, "RCS of waveguide cavities : A hybrid boundary-integral /modal approach", *IEEE Trans. on Ant. and Propagat.*, vol. 38, pp. 1413-1420, Sep. 1990.
- [5] J. B. Keller, "Diffraction by apertur", *J. appl. Physics*, vol. 28, pp. 426-444, Apr. 1957.
- [6] J. B. Keller, "Gemetrical theory of diffraction", *J. Opt. Soc. of America*, vol. 52, pp. 116-130, Feb. 1978.
- [7] R. G. Kouyoumjian and P. H. Pathak, "A uniform geometrical theory of diffraction", *Proc. IEEE*, vol. 62, pp. 1448-1461, Nov. 1974.
- [8] N. H. Myung and Y. S. Sun, "Simple high frequency solution for interior field open-ended parallel plate wavguide", *IEEE Electronics Letters*, vol. 28, pp. 1285-1286, Jul. 1992.
- [9] R. G. Rojas and P. H. Pathak, "Diffraction of EM wave by dielectric /ferrite half-plane and related configuration", *IEEE Trans. on Ant. and Propagat.*, vol. 37, pp. 751-763, Jun. 1989.
- [10] H. Ling, S. W. Lee and R. C. Chou, "High-frequency RCS of open cavities with rectangular and circular cross sections", *IEEE Trans. on Ant. and Propagat.*, vol. 37, pp. 648-654, May. 1989.

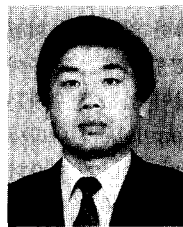
著 者 紹 介



宣 永 植 (學生會員)

1967年 7月 17日生. 1990年 2月 동국대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1992년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업. 1992년 11월 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정. 주관심분야는

전파 전파 및 산란해석, 마이크로파 공학 등임.



明 魯 勳 (正會員)

1976년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1982년 12월 Ohio State Univ. 전기공학과(석사). 1986년 8월 Ohio State Univ. 전기공학과(박사). 1986년 9월 이후 한국과학기술원 전기 및 전자공학과

재직. 주관심분야는 전파 전파 및 산란해석, 마이크로파 공학, 이동 및 위성통신, EMI /EMC /EMS 등임.