한국통신학회 1987년도 추계학술발표회논문집(1987. 11. 14)

CGM 을 이용한 꼭지점을 갖는 CYLINDER 의 전류 분포 해석

중앙대학교 전자공학과
°이상회 김정기

The Analysis of Scattering Problems in the Edged Cylinders using Conjugate Gradient Method

Dept. of Electronics Chung-Ang Univ.

S.H. YI J.K. KIM

ABSTRACT

The method of conjugate gradient (CGM) is applied to the analysis of scattering problems in the edged cylinders, which have two dimensional cross section and one dimensional contour. The discontinuous edged point is considered to have angled arc. Then it is to be singular and smooth. Computer simulations are required the storage for the CGM to be 5N and for the conventional method to be N^2.

1. 서론

최근 반복법을 사용한 전자파 산란 해석의 연구가 활발하나, 반복법중 하나의 방법인 Conjugate Gradient Method (CGM) 를 사용한 주파수 및 시간 영역에서 얇은 선 산란체에 유기되는 전류방정식의 해를 구하는 방법은 이미 제시된 바이다.[5-6]또한 3 차원 cylinder 의 단면 (2 차원) 을 경계면에서 적분화한 1 차원 수식도 이미 제시된 바이다. 3 차 구조물의 전자파 산란 해석은 Harrigtan, Mei, Richmond 등에서 모멘트법(MM)을 사용한 해로 보이고 있다.[1-3]MM 와 CGM 의 기본 차이점은, 매트릭스 형체에서 반복모양의 operator 방정식을 직접 구할 수 있다는 것이다. 역시 이 방법에서는 내부 공진주파수에 따른 breakdown 이 없다. 이 방법을 통해서 구조물체 전류값의 최소 norm 해를 구할 수 있었으며 정확한 산란파값을 얻을 수 있었다. CGM 의 주된 장점으로는 해를 구하고 자 하는 물체의 어떠한 초기값이 주어지더라도 극히 적은 반복을 거쳐 문제의 정확 한 값에 도달할 수 있다는 것과 컴퓨터 기억용량이 MM 에서 N^2이 5N 으로 감소된 다는 점이다. 본 논문에서는 Hestenes, Steifel 알고리즘을 사용하지 않고 Sarkar 의 알고리즘 을 사용하였다. 또한 물체의 꼭지점에서의 불연속 처리는 끝점을 작은 원소로 하여 연속된 전류값을 구하는 방법을 택했다.

2. 적분 수식의 CGM 적용 및 꼭지점의 모델화

완전도체주가 z 축을 따라서 뻗쳐 있을 때 임의의 단면을 자를 때 이 단면 경계면에 TM 파가 cylinder 축에 각을 가지고 분극된다면 Maxwell 방정식, 전자파의 tangential 성분, 경계조건에서의 동일법칙등을 고려하여 Fredhohm 1 종 적분방정식을 유도할 수 있다.[1]

$$E(r) = jw\mu\int G(r,r')J\,(r')dc' \qquad (1)$$

(1) 식을 연산 operator 로 표시하면

$$Y = L(J) \qquad (2)$$

우선 CGM 에 적용하기 위해 내적을 정의하면

$$\langle a,b\rangle = \int a^{*}.b\ dc \qquad (3)$$

여기서 asterisk 는 복소 conjugate 이다.

(2) 식을 adjoint operator L* 을 상용하여 정의하면

$$\langle E\ ,\ L(J)\rangle = \langle J,L^{*}E\ \rangle^{*} \qquad (4)$$

(4) 식을 (1)(2) 에 대입하여

$$L^{*}J = jw\mu\int J\,(r')G(r,r')^{*}dc' \qquad (5)$$

CGM 을 사용하기 위해 전류의 초기값 J_o, Residual 값 Ro, 방향계수 Po 를

$$R_o = Y - LJ_o$$

$$P_o = L^* R_o \tag{6}$$

라 정의하고, n 번째 반복을 하기 위해

$$A_n = \langle L^*R_n, L^*R_n \rangle / \langle LP_n, LP_n \rangle \tag{7}$$

$$R_{n+1} = R_n - A_n L P_n \tag{8}$$

$$B_n = \langle L^*R_n, KL^*R_n \rangle / \langle L^*R_n, L^*R_n \rangle \tag{9}$$

$$P_{n+1} = L^*P_{n+1} + B_n P_n \tag{10}$$

$$J_{n+1} = J_n + A_n P_n \tag{11}$$

$$E_n = \langle R_n, R_n \rangle / \langle Y, Y \rangle \tag{12}$$

식 (7)(8)(9)(10)(11) 을 반복해서 정규화오차값이 (식 12) 10 보다 작은 값이면 반복을 멈추게 한다.

꼭지점 c 를 점 p 에서의 각을 갖는 원호로 하여 연속점으로 취급하였다.

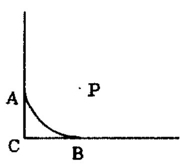

그림 .1 꼭지점의 모델화

4. 수치해석 결과

VHF 주파수대에서 cylinder축에 TM 파를 일정한 각으로 입사시키고 전파 상수 ka=1 의 관계를 갖는다.

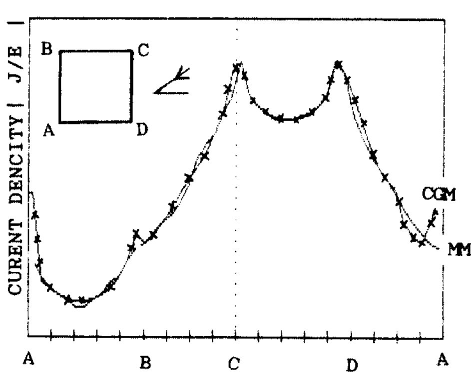

그림 2. 사각주 단면에 유기 되는 전류분포의 비교 (입사각 0 인 경우)

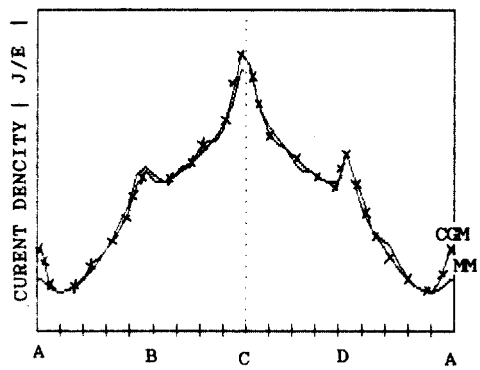

그림 3. 사각주 단면에 유기 되는 전류분포의 비교 (입사각 30 인 경우)

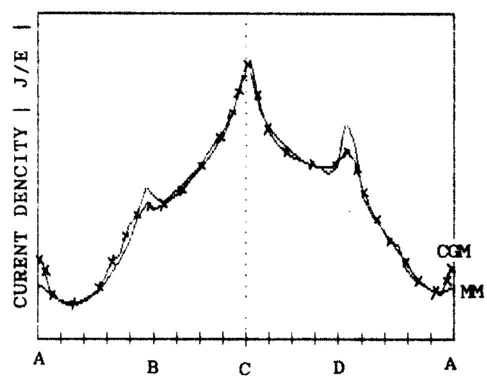

그림 4. 사각주 단면에 유기 되는 전류분포의 비교 입사각이 45 인 경우

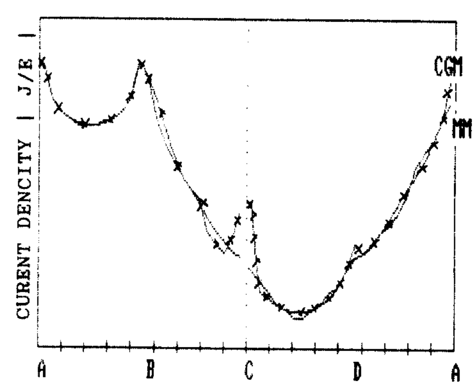

그림 4. 사각주 단면에 유기 되는 전류분포의 비교 (입사각 180 인 경우)

5. 결론

기존 메트릭스 역변환에서 컴퓨터 용량 문제가 N^2 에서 5N 으로 개선될 수 있으며 반복횟수도 최소화되었다. 또한 불연속 꼭지점에서의 해석을 새로운 방법을 시도해 봄으로써 특정한 값을 얻을 수 있었다. 앞으로 연구될 과제로서는 CGM 의 전자파 해석에 더 많이 응용 적용시키는 일과 꼭지점의 값을 좀 더 정확하게 구할 수 있는 방법이 남아 있다.

Reference

1. K.K.Mei and J.Van Bledal,"Scattering by perfectly conducting rectangular cylinders", IEEE Trans.Ant. Propagat. ,vol .ap-11,no.2,pp185-192,march 1963

2. R.F.Harrington , Field Computation by Moment Method , Macmillian,New York, sec 3.4..1966

3. R.Mitra, COMPUTER TECHNIQUES FOR ELCTROMAGNETICS ,Pergamon press, chap.3, 1973

4. S.H.Yi and J.K.Kim,"An analysis of electromagnetic scattering from lossy dielectric cylinders using boundary integral equation method ," IEEE region 10 comf. symp.,,,vol.3,pp1347-1351,aug.1987

5. P. Krishna Murthy, K.C.Hill, and G.A.Thiel," A hybrid iterative method for scattering problems," IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-34, No.10, pp1173-1180, Oct.1986

6. M.Kaye, P.K. Murthy, and G.A. Thiete," An iterative method for solving scattering problems," IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-33, No.11, pp 1272-1279, Nov. 1985

7. T.K. Sarkar and S.M. Rao, "An iterative method for solving electrostatic problems," IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-30, No.4, pp 611-616, July 1982

8. S.A. Bokhari and N. Balakrishnan, "A method to extend the spectral iteration technique, "IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-34, No.1, pp 51-57, Jan 1986

9. A.F. Peterson and R. Mittra, "Convergence of the conjugate gradient method when applied to matrix equations representing electromagnetic scattering problems," IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-34, No.12, pp 1447-1453, Dec. 1986

10. T.K. Sarkar, "The conjugate gradient method as applied to electromagnetic field problems," IEEE Ant. Propagat., Soc. Newsletter, pp 5-13, Aug. 1986

11. T.K. Sarkar and S.M. Rao, "The application of the conjugate gradient method for the solution of electromagnetic scattering from arbitrarily oriented wire antennas, "IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-32, No.4, pp 398-403. Apr. 1984

12. K. Nayanthara, S.M. Rao, and T.K. Sarkar, "Analysis of two-dimensional conducting and dielectric bodies utilizing the conjugate gradient method," IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-35, No.4, pp 451-453, Apr. 1987

13. T.K. Sarkar, E. Arvas, and S.M. Rao, "Application of FFT and the conjugate gradient method for the solution of electromagnetic radiation from electrically large and small conducting bodies," IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-34, No.5, pp 635-639, May 1986

14. M.R. Hestenes and E. Stiefel, "Method of conjugate gradients for solving linear systems," Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 49, No.6, pp 409-425, Dec. 1952