

임의로 위치한 두 Parallel Antenna 의 전류분포특성

황 봉 성°

김 정 기

중앙대학교 전자과

The Current Distribution and Radiation Pattern of Two Arbitrarily Located Parallel Antennas

HWANG BONG SUNG

KIM JUNG KI

Dept. of Electronics

Chung - Ang University

ABSTRACT

The conventional problem of two arbitrarily located parallel antennas is solved by using an integral equation technique. The two simultaneous integral equations for the two antennas are first decoupled into two independent integral equations and then solved by method of moment. The method of moment is used with a delta function as a testing function and pulse function as an expansion function. Current distributions and radiation patterns are obtained for full wave antennas in nonstaggered, in 45 degrees echelon and in collinear arrangements.

1. 서 론

두개의 wire 안테나로 이루어진 coupled parallel 안테나의 해석은 일반적인 N개의 elements를 가진 array 안테나 연구의 기초가 된다.

이러한 경우로서 본논문에서는 임의로 위치한 coupled parallel 안테나의 전류분포를 조사한다.

원통형 안테나의 경우 integro-differential 방정식을 순수적분방정식으로 변환하는 방법에는 Pocklington 에 의해 사용된 적분식과 Hallen에 의해 소개된 적분식 등이 있다.

이때의 경계조건으로는 Homogeneous Dirichlet 경계조건을 이용한다.

본논문에서는 확장된 Hallen 적분식을 이용하여 임의로 위치한 coupled 안테나의 전류분포를 구하였다.

그리고 수치치리는 Harrington과 Mautz가 가신 다한 wire 안테나에 적용했고, Kyle이 log-periodic 안테나에 적용한 싸가있는 Harrington reports의 일반적인 method of moment 를 사용하였다.

해석시 기저함수로는 pulse 함수를 testing함수로는 delta 함수를 사용하였다.

nonstaggered 로 위치한 경우의 해석결과가 King과 Chang이 제시한 결과치와 일치하였음을 보았으며 이에 근거하여 45° echelon, collinear등 임의로 위치한 경우의 전류분포와 radiation pattern 특성을 조사하였다.

2. 적분방정식 유도

자유공간에서 완전도체인 fine wire antenna가 존재할때 다음식을 만족한다.

$$\int_{-a}^a I_z(z') G(z, z') dz' = -j/\eta (C_1 \cos kz + C_2 \sin k|z|) \quad (1)$$

$\eta$ : intrinsic impedance (120 $\pi$   $\Omega$ )

$G(z, z') = \exp(-jkR) / 4\pi R$

$R = \sqrt{(z-z')^2 + a^2}$

a: 안테나 반경

k: 전파상수

식(1)에서 상수  $C_1$ 는 delta-gap voltage generator를 사용하여 drive 시킬경우

$$V_T = \lim_{z \rightarrow 0} [\phi(z) - \phi(-z)] \quad (2)$$

$\phi(z) = jw/k^2 \partial A_1 / \partial z$

$V_T$ : terminal voltage

가되어 상수  $C_1$ 는  $V_T / 2$ 를 얻을수있다.

그리고 상수  $C_2$ 은 안테나의 끝에서 전류값이 zero가 된다는 조건에의해 구할수 있다.

$$C_2 = -V_T / 2 \tanh kh$$

이제 여기서 Fig.1 에서처럼 배열되어있는 parallel antenna를 고려한다.

각 안테나는 half length 가 h이고 반경 a를 갖는다.

그리고 수평으로 b만큼 수직으로 d만큼 떨어져있다.

d = 0 이면 nonstagger 배열, b = 0 이고 d > 2h 이면 two-elements collinear 배열.

b = d 이면 45° echelon 배열이 된다.

또 각안테나는 delta-gap voltage generator ( $V_T$ )에 의해 drive된다.

그리고  $\overline{CC'}$  를 이등분하는 점 O에 대해 point symmetric 구조를 가진다.

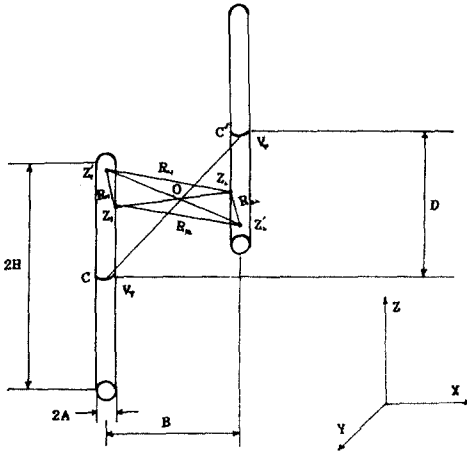


Fig.1 Two Parallel Dipole Antennas.

그러면 green 함수의 R은 다음과 같다.

O.P 와 S.P가 모두 안테나1에 있는 경우를  $R_{11}$ , O.P는 안테나1에 S.P는 안테나2에 있는 경우를  $R_{12}$ , O.P는 안테나2에 S.P는 안테나1에 있는 경우를  $R_{21}$ , O.P와 S.P가 모두 안테나2에 있는 경우를  $R_{22}$ 라고하면

$$\begin{aligned} R_{11} &= \sqrt{(z_1 - z_1')^2 + a^2} \\ R_{12} &= \sqrt{(d - z_1' - z_2)^2 + b^2} \\ R_{21} &= \sqrt{(d - z_2' - z_1)^2 + b^2} \\ R_{22} &= \sqrt{(z_2 - z_2')^2 + a^2} \end{aligned} \quad (3)$$

그러면 안테나1에서의 vector potential은 다음과 같다.

$$A_{z1}(z_1) = \mu \int_a^h I_{z1}(z_1) G_{11}(z, z') dz_1' - \mu \int_a^h I_{z2}(z_2') G_{12}(z, z') dz_2' \quad (4)$$

$$\begin{aligned} G_{11} &= \exp(-jkR_{11}) / 4\pi R_{11} \\ G_{12} &= \exp(-jkR_{12}) / 4\pi R_{12} \end{aligned}$$

그러므로 안테나1에서의 최종 적분방정식은 다음과 같다.

$$\int_a^h I_{z1}(z_1) \exp(-jkR_{11}) / R_{11} dz_1' - \int_a^h I_{z2}(z_2') \exp(-jkR_{12}) / R_{12} dz_2' = -j4\pi/\eta (C_1 \cos kz_1 + C_2 \sin kz_1) \quad (5)$$

같은방법으로 안테나2에서는

$$\int_a^h I_{z1}(z_1) \exp(-jkR_{21}) / R_{21} dz_1' - \int_a^h I_{z2}(z_2') \exp(-jkR_{22}) / R_{22} dz_2' = -j4\pi/\eta (C_1 \cos kz_2 + C_2 \sin kz_2) \quad (6)$$

를 얻는다.

이제 여기서 각 배열에서의 radiation pattern을 구한다.

각 배열에서의 radiation pattern을 구하기 위해서는 우선 element radiation pattern을 구한 다음 여기에 array factor를 곱해주면 된다. 안테나가 Fig.2 에서처럼 z축 방향으로 x축상에 배열에 있다고 하면

total radiation pattern은 다음과 같다.

$$E_0^{total} = jw\mu \sin\theta \exp(-jkr) / 4\pi r \sum_{m=1}^N I_m \exp(jnd \cos\theta) \cos(kd/2 \cos\psi) \quad (7)$$

$$\psi = 5\pi/2 - \theta$$

d: 안테나 사이의 거리

$I_m$ : 각 segment의 전류값

식(7)을 normalize 시켜주면 최종 radiation pattern이 된다.

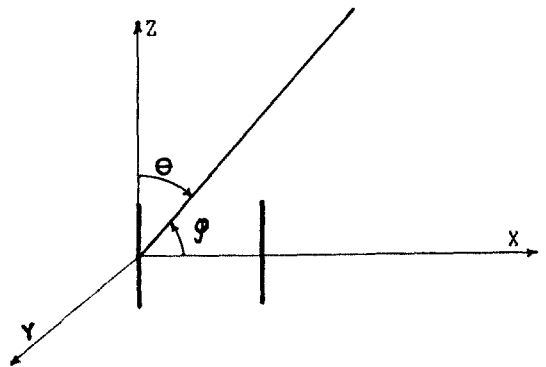


Fig.2 A Linear Array of Parallel Line Sources.

### 3. 수치해석 및 결과

식 (5), (6)을 해석하기 위한 수치해석은 moment method를 사용하였다.

식(5), (6)을 다시 일반적인 network matrix로 정의하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} [Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2] &= [V_1] \\ [Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2] &= [V_2] \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 Z-matrix는 impedance matrix이다.

식(8)을 다시 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

식 (9)에서 Z-matrix의 inverse matrix를 구하여 양변에 곱해주면  $I_1, I_2$ 의 값을 구할 수 있다.

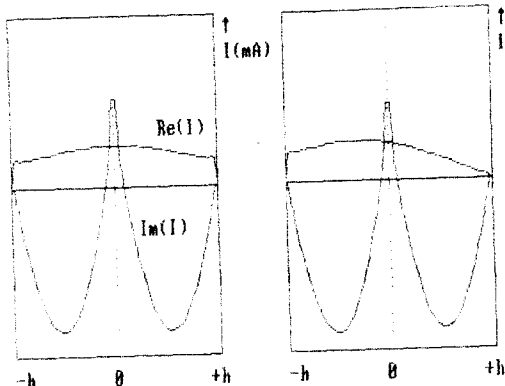


Fig. 3  $\langle d=0.5\lambda \rangle$   
Current Distribution 1  
(a) nonstagger  
(b) 45° echelon  
(c) collinear

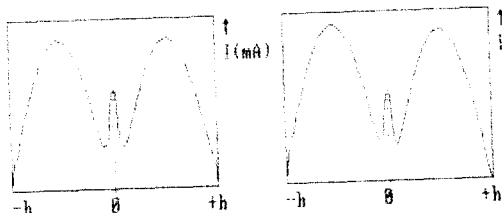
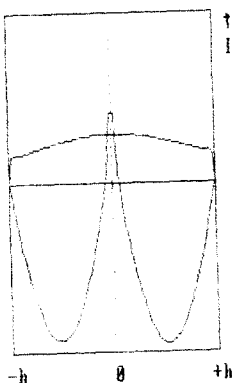


Fig. 4  $\langle d=0.5\lambda \rangle$   
Current Distribution 2  
(a) nonstagger  
(b) 45° echelon  
(c) collinear

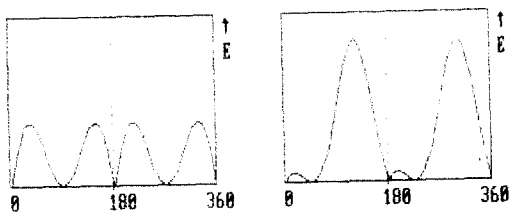
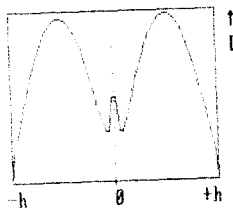


Fig. 5  $\langle d=0.5\lambda \rangle$   
Radiation pattern  
(a) nonstagger  
(b) 45° echelon  
(c) collinear

#### 4. 결론

보다 일반적인 배열을 가지는 array를 해석하기 위해서 본 논문에서는 임의의 위치인 parallel 안테나의 전류분포를 조사하였다.

그 예로서 nonstaggered, 45° echelon, collinear 배열에 대한 전류분포를 구하였으며 또 이들의 radiation pattern을 구하였다.

앞으로 B.O.R. (Body of Revolution)의 일반적인 배열(즉, 임의의 모양체의 임의의 배열)에 대한 해석이 요구된다.

#### REFERENCES

- [1] A. T. Adams and D. E. Warren, "Dipole plus Parasitic Element," IEEE Trans. on Antennas Propagation, Vol. AP-19, pp. 536-537; July 1971.
- [2] Y. Zhang, K. Hirasawa and K. Fujimoto "Opened Parasitic Elements Nearby a Dipole," IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. AP-34, No. 5; pp. 711-713 May 1986.
- [3] D. E. Warren and A. T. Adams, "Parasitic Effect," IEEE EMC Symp., pp. 196-210; 1970.
- [4] R. Mittra, Computer Techniques for Electro magnetics, Chap2, Pergamon Press.
- [5] R. F. Harrington and J. R. Mautz, "Straight Wires with Arbitrary Excitation and Loading," IEEE trans. on Antennas Propagation, Vol. AP-15, pp. 502-515; July 1967.
- [6] R. F. Harrington, "Matrix Method for Field Problems," IEEE Proc. on Antennas Propagation, Vol. 55, pp. 136-149; Feb 1967.
- [7] R. F. Harrington, Field Computation by Moment Methods, New York; Macmillan, 1966.
- [8] V. W. H. Chang and R. W. P. King, "On Two Arbitrarily Located Identical Parallel Antennas," IEEE Trans. on Antennas Propagation, Vol. AP-16, pp. 309-317; May 1968.
- [9] Warren L. Stutzman and Gray A. Thiele, Antenna Theory and Design, John Wiley and Sons Inc. 1981.