

다이폴 안테나의 입력 임피던스 계산을 위한 다선조 모멘트법 해석

김 기 채

한국표준연구소 전자파연구실

A Multifilament Method-of-Moments Solution for the Input Impedance of a Dipole Antenna

K. C. Kim

Korea Standards Research Institute

Electromagnetics Lab.

Abstracts

In this paper, a multifilament method-of-moments solution for a thick dipole antenna are proposed. This method is very useful to calculate the impedance of the thick dipole.

1. 서 론

원주형 다이폴 안테나의 전류분포에 관한 적분방정식용 함수 해석적인 방법으로 해석하는 경우, 안테나의 직경이 사용 파장에 비교하여 충분히 작다는 조건을 고려하여 안테나에 흐르는 표면전류는 안테나의 중심선상에 집중하여 흐른다고 가정하여 해석하는 것이 일반적이다. 안테나의 직경이 비교적 굵은 안테나인 경우에는 표면전류의 원주 방향에 관한 적분을 고려해야 하는데 일반적으로 그 해법은 용이하지 못하다.

본 논문에서는 안테나의 원주방향으로 등간격 등분한 선조를 상징하고 각각의 선조에 흐르는 전류분포를 모멘트 법으로 구하여 직경이 굵은 안테나를 해석하는 새로운 방법을 제안한다. 본 수법은 직경이 굵은 안테나의 해석이나 직경이 큰 중공형 안테나의 해석에 유효할 것으로 기대된다.

2. 이론해석

그림 1은 완전도체로 구성된 반경 a , 길이 $2l$ 인 원주형 다이폴 안테나의 구조와 좌표계이다. 그림 1의 안테나 원주

방향으로 N 등분하고 등분된 위치의 Z 축 방향으로 전류선조 (Current filament)를 가정하여 각각의 선조를 #1, #2, ..., #N 으로 표시하도록 한다. #1 선조의 중앙에는 전압 V 를 급전하며 #2, #3, ..., #N 선조의 중앙에는 부하 임피던스 Z_L 이 연결되어 있다고 가정한다 (그림 1(b)).

그림 1(a)와 같이 #N 개의 선조로 구성된 안테나 계에서 각 전류선조의 전류분포에 관한 적분방정식은 다음과 같다. 단, 선조의 직경은 표피 깊이를 상정하였으며 안테나 표면 경계조건은 각 선조상에서 만족하도록 한다.

$$\sum_{n=1}^N \int_{S_n} \overline{K}_{mn}(\underline{x}, \underline{x}') \cdot \hat{z} I_n(z') dz' = -V_m \delta(z) \hat{z} \quad (1)$$

$m = 1, 2, \dots, N$

여기서, \overline{K}_{mn} 은 자유공간속의 전류원이 전계를 생성하는 Dyadic Green 함수이고, V_m 은 급전선조 #1의 급전전압 ($V_1 = V$), $V_m (m \neq 1)$ 은 $Z_L I_m$ 이다. 단 I_m 은 # m 선조의 장하점 전류값이다.

식 (1)은 N 개의 전류 I_n 에 관한 N 개의 적분방정식이며, 구분적 정현파 함수를 이용한 Galerkin 법으로 정식화한다. # n 선조 S_n 상에 $S+1$ 개의 분할점을 등간격으로 설정하고 이 간격을 ΔS_n 으로 한다.

전류분포 I_n 을 다음과 같은 구분적 정현파 함수 $f_n(z)$ 로 전개한다.

$$I_n(z) = \sum_{t=1}^S I_{nt} f_{nt}(z) \quad (2)$$

여기서, I_{nt} 는 미지계수이며, $f_{nt}(z)$ 는 다음과 같은 식으로 정의된다.

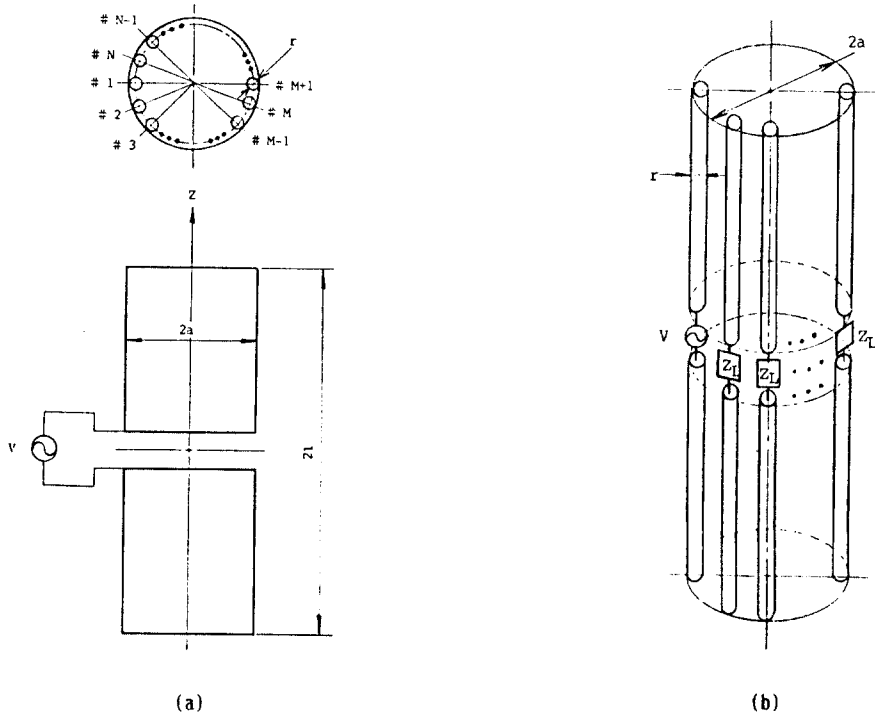


그림 1. 다이폴 안테나의 구조와 좌표계

$$f_{nt}(z) = \begin{cases} \frac{\sin k(\Delta S_{nt} - |z - z_{nt}|)}{\sin k \Delta S_{nt}} & , S_{nt-1} \leq z \leq S_{nt+1} \\ 0 & , \text{elsewhere} \end{cases} \quad (3)$$

전개식 (2)를 식 (1)에 대입하고 Galerkin의 방법을 적용하면 적분방정식 (1)은 다음과 같은 연립방정식으로 표현된다.

$$\sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^S Z_{mn}^{qt} I_{nt} = V_{mq} \quad (4)$$

$$m = 1, 2, \dots, N$$

$$q = 1, 2, \dots, S$$

여기서,

$$Z_{mn}^{qt} = \int_{S_{mq}} \int_{S_{nt}} f_{mq}(z) \hat{z} \cdot \overline{K}(z, z') \cdot \hat{z}' f_{nt}(z') dz' dz \quad (5)$$

$$V_{mq} = -V_m \int_{S_{mq}} f_{mq}(z) \delta(z) dz \quad (6)$$

식 (4)는 NS개의 미지계수 I_{nt} 에 대한 NS개의 연립 일차 방정식이다.

그림 2는 그림 1의 안테나를 급전점 및 장하점에 주목하여 N 쌍 단자망으로 표현한 것이다. 그림 2에서 각 단자의 전압, 전류관계는 어드미턴스 파라미터를 이용하면 다음과 같다.

$$\{y_{ij}\} [V_j] = [I_i] \quad (7)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N$$

식 (7)에서 어드미턴스 파라미터 $\{y_{ij}\}$ 는 모멘트 법으로 정식화한 식 (4)에서 I_{nt} 를 구하여 계산 할 수 있으며, 식 (7)로부터 안테나의 입력 임피던스는 다음과 같다.

$$Z_{in}^{-1} = Y_{in}$$

$$= y_{11} + y_{12} \frac{V_2}{V_1} + y_{13} \frac{V_3}{V_1} + \dots$$

$$+ y_{1N} \frac{V_N}{V_1} \quad (8)$$

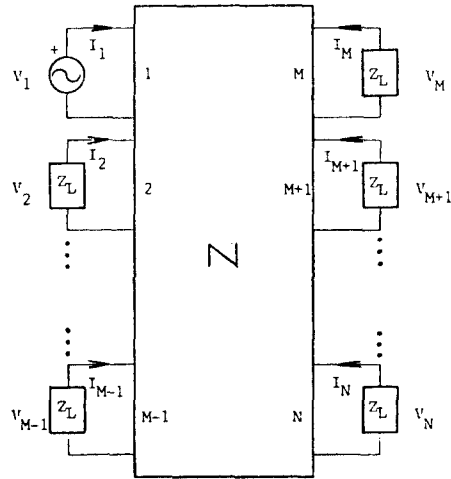


그림 2. 등가 N 쌍 단자망 표현

식 (8)에서 단자전압비는 식 (7)의 우변에 급전점 및 장하점의 단자전류를 대입하여 $\{V_i\}$ 를 구하면 용이하게 계산할 수 있다.

3. 수치계산 결과 및 검토

앞절에서 정식화한 식을 사용하여 계산한 다이폴 안테나의 입력 임피던스는 다음과 같다. 즉, 선조의 직경은 표피 깊이를 상정하였다.

표 1은 안테나의 반경이 비교적 작은 3종류의 안테나에 관하여, 선조의 수 $N=2$ 로 하였을때의 입력 임피던스의 계산 결과를 나타낸다. 표 1에서 알 수 있는 것과 같이 안테나의 반경이 $a = 2.7654 \times 10^{-4}$ m 인 경우는 $N=2$ 에서 King⁽¹⁾의 계산 결과와 거의 동일함을 알 수 있다. 안테나의 직경이 짧수록 N 의 수를 증가시켜야 하는데 안테나의 직경과 선조의 수 N 과의 관계를 검토하는 것은 남겨진 과제이다.

표 1 $f = 600$ MHz, Cu, 단위 [Ω]

구분\반경	$a=2.765 \times 10^{-4}$ m	$a=9.652 \times 10^{-4}$ m	$a=3.507 \times 10^{-3}$ m
King	80.5+j43.1	82.5+j42.1	86.3+j38.5
다선조 모멘트법	79.417 + j44.557	79.995 + j44.483	80.274 + j43.859

4. 결 론

비교적 직경이 굵은 원주형 다이폴 안테나의 해석을 위하여 다선조 모멘트 법과 회로망 이론을 적용한 새로운 해석법을 제안 하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 비교적 직경이 큰 안테나의 해석에 유효하게 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) R. W. P. King, "Tables of antenna characteristics", plenum press, 1971.