

이동통신 기지국용 동축 코리니아 안테나의 해석에 관한 연구

(A Study on the Analysis of Coaxial Collinear Antennas for Base Station of Mobile Communications)

任成彬*, 崔學根*

(Seong Bin Lim and Hak Keun Choi)

要約

본 논문은 이동 통신 기지국용 안테나로 널리 사용되고 있는 동축 코리니아 안테나를 모멘트 법과 전송선로 이론을 결합한 해석 방법을 제시했다. 소자간의 접점에 유기된 전압을 전송파라미터로 구하여 행렬식으로 표현했으며, 행렬식으로부터 구하여진 전압을 적분방정식에 이용하여 이 안테나의 전류분포를 구하였다. 해석 결과는 전류분포, 입력 어드미턴스, 복사패턴 및 이득을 계산하였으며, 전류분포 및 입력 어드미턴스는 측정치에 근접하는 것으로 나타났다. 또한, 빔 틸트 코리니아 안테나의 경우에 복사패턴은 사이드 로브를 제외하고 측정 결과와 유사하게 나타났다.

Abstract

In this paper, a method for analyzing coaxial collinear antenna for base station of mobile communications using the moment method and the transmission line theory is presented. The excited voltages at the junctions between elements are expressed as the matrix with transmission parameters and these voltages are applied to the integral equation for calculating current distribution. Here, the current distributions, input admittances, radiation patterns and gains are calculated. Calculated values of the current distributions and the input admittances show good agreement with measured values. In case of beam-tilted collinear antenna, radiation pattern is similar to measured result except side lobe.

1. 서론

최근들어 정보통신산업의 중요성이 날로 증가되면

서 이동통신 분야의 수요가 급증해가고 있으며 이미 선진국에서는 이동통신 산업을 정보화시대의 핵심산업으로 분류하여 연구에 박차를 가하고 있다. 우리나라에서도 1980년대 들어 무선호출 및 이동전화 서비스가 수도권을 중심으로 일반에게 제공 되었으며 1990년대에 이르러서는 이동통신의 대중화 시대에 접어들게 되었다. 이동통신 서비스의 수요량을 효율적으로 대처하고 통화품질을 개선하기 위해서는 고이득 및 지역특성에 맞는 지향성을 갖는 기지국용 안테나가 필요하다. 이동통신 기지국용 안테나로는 코리

*正會員, 檀國大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Dankook Univ.)

(※본 연구는 1992년도 체신부 이동통신 핵심부품 개발 사업 결과의 일부로서 (주)하이게인 안테나와 공동으로 이루어 졌음.)

接受日字: 1993年 4月 3日

니아(collinear) 안테나가 주로 사용되고 있다. [1]

코리니아 안테나는 동축케이블의 내부도체와 외부도체를 교차시켜 만들어진 동축소자들로 구성된다. 이것은 파가 내부도체를 전파한 후, 다른 소자의 외부도체로 전파되어 외부도체 전류의 위상을 거의 일정하게 유지하도록 한다. 동일한 소자들로 구성되어 수평면내에 최대 빔 특성을 갖는 코리니아 안테나의 해석은 Balsley [2,3] 및 Akihide Sakitani [4] 등에 의해 제안된 바 있다. 그러나, 기지국은 이동체보다 높은 곳에 있으므로 기지국 안테나의 빔을 수평면을 기준으로 할 때 아래쪽으로 틸트시킬 필요성이 있다. 현재 코리니아 안테나의 빔 틸트화에 관한 연구는 그 필요성이 증대되고 있으나 아직 연구 결과가 발표되고 있지 않다.

따라서, 본 논문에서는 이동통신 기지국 안테나로 가장 널리 사용되고 있는 코리니아 안테나를 모멘트 법과 전송선로 이론을 결합한 해석방법을 제시하고, 아울러 빔 틸트의 가능성도 제시한다. 해석을 위한 모멘트 법으로는 전개함수와 무게함수가 같은 Galerkin 법 [5] 을 사용했으며, 이 방법에서 소자와 소자 접속점에서 전압들은 각 단에 대한 전송 파라미터(parameter) 를 구하여 행렬식으로 나타냈다. 또한, 본 논문에서 제시한 방법의 타당성을 입증하기 위하여 안테나의 전류분포, 입력 어드미턴스, 복사패턴 및 이득을 계산하여 측정치와 비교 검토하였으며, 빔 틸트 코리니아 안테나를 제작하여 복사패턴을 측정했다.

복사특성 해석 결과는 측정치에 근접한 것으로 나타났으며, 빔 틸트의 경우 복사패턴은 측정치와 약간의 차이를 나타냈다. 이는 측정오차 및 대지 반사파에 의한 영향으로 생각된다.

II. 코리니아 안테나 해석

1. 적분방정식

그림 1 은 각 접점에서 내부도체와 외부도체가 서로 교차된 동축소자들로 만들어진 코리니아 안테나를 나타낸다. 코리니아 안테나의 반경이 파장에 비하여 매우 작고 완전도체라고 가정하면, 전류에 대한 적분방정식은 다음과 같은 Pocklington type 적분방정식 [6] 으로 주어진다.

$$E'(z) = \frac{1}{j\omega\epsilon} \int_L I(z') \left(-\frac{\partial^2}{\partial z'^2} - k^2 \right) i_z' \cdot i_z G(z, z') dz' \quad (1)$$

$$G(z, z') = \frac{e^{-jkR}}{4\pi R} \quad (2)$$

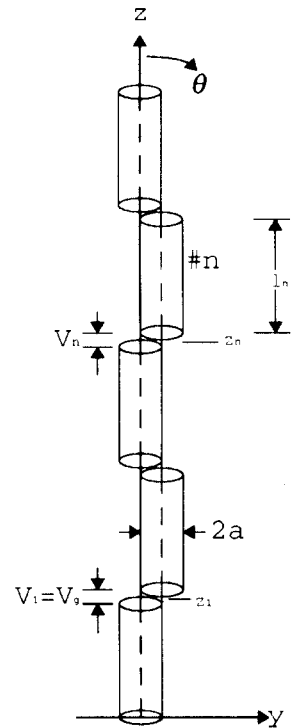


그림 1. 코리니아 안테나
Fig. 1. The collinear antenna.

여기서, i_z' 와 i_z 는 각각 source 점 z' 와 관측점 z 에서의 접선 단위벡터이고, R 은 source 점과 관측점 사이의 거리로서 $R = \sqrt{(z-z')^2 + a^2}$ 이다.

그림 1 에서 코리니아 안테나에 V_0 를 급전하고 각 소자사이의 내부도체와 외부도체의 접점 길이를 무시한다면, 각 소자들의 접점부분 z_1, z_2, z_3, \dots 에서의 전압은 근사적으로 $V_n \delta(z-z_n)$ 으로 나타낼 수 있다. 따라서 각 접점에 유기된 전계는 다음과 같이 delta 함수를 이용하여 나타낼 수 있다.

$$E'(z) = \sum_{n=1}^N V_n \delta(z-z_n) \quad (3)$$

2. 모멘트법

식 (1)을 모멘트법 [5,7] 에 적용하기 위해 $I(z')$ 를 전개함수 B_1, B_2, B_3, \dots 으로 급수 전개하면 안테나에 흐르는 전류는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I(z') = \sum_{i=1}^{N \times S} I_i B_i(z'), \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \times S \quad (4)$$

여기서, S 는 소자 하나당 새그먼트(segment) 수이고, I_i 는 미지 전류분포에 대한 복소계수이며, 전개

함수 $B_i(z')$ 는 다음과 같은 정현파 함수라고 가정한다.^[5]

$$B_i(z') = \begin{cases} \frac{\sin kz'_{i-1}}{\sin kz_{i-1}} & 0 \leq z'_{i-1} \leq z_{i-1} \\ \frac{\sin k(z_i - z'_{i-1})}{\sin kz_i} & 0 \leq z'_i \leq z_i \end{cases}$$

식 (4)를 식 (1) 에 적용하면 안테나에 유기된 전계는 다음과 같이 나타낼 수 있고,

$$E^i(z) = \sum_{i=1}^{N \times S} \frac{1}{j\omega\epsilon} f_{Li} B_i(z') \left(-\frac{\partial^2}{\partial z'^2} k^2 i'_z \cdot i_z \right) G(z, z') dz' \quad (6)$$

식 (5)를 식 (6)에 대입하여 정리하면, 전계 E_i 는 다음과 같은 급수형태의 방정식으로 나타내 진다.

$$\sum_{i=1}^{N \times S} E_i^i = \sum_{i=1}^{N \times S} I_i (F_i^1 + F_i^2) \quad (7)$$

$$F_i^1 = -\frac{30}{j \sin kz_{i-1}} \left[\frac{e^{-jkr_{i-1}}}{R_{i-1}} - \cos kz_{i-1} \frac{e^{-jkr_i}}{R_i} \right] \quad (8)$$

$$F_i^2 = -\frac{30}{j \sin kz_i} \left[\frac{e^{-jkr_{i+1}}}{R_{i+1}} - \cos kz_i \frac{e^{-jkr_i}}{R_i} \right]$$

식 (7) 로 부터 전류분포 I_i 을 구하기 위해 무계함수 W_j 를 식 (5) 와 동일하게 하여, 식 (7) 과 내적을 취하면 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^{N \times S} \langle W_j, E_i^i \rangle = \sum_{i=1}^{N \times S} I_i \langle W_j, F_i^1 + F_i^2 \rangle \quad (9)$$

따라서, 식 (9) 는 일반적인 회로방정식과 같은 형태로 표현 되므로 전류를 다음과 같은 전압 및 임피던스 행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} [I_i] &= [Y_{ij}] [V_j] \\ [Y_{ij}] &= [Z_{ij}]^{-1}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \times S \end{aligned} \quad (10)$$

단,

$$Z_{ij} = \int_0^{z_{j-1}} \frac{\sin kz'_{j-1}}{\sin kz_{j-1}} (F_i^1 + F_i^2) dz'_{j-1} + \int_0^{z_j} \frac{\sin k(z_j - z'_j)}{\sin kz_j} (F_i^1 + F_i^2) dz'_j \quad (11)$$

$$V_j = \int_0^{z_{j-1}} \frac{\sin kz'_{j-1}}{\sin kz_{j-1}} E_i^i dz_{j-1} + \int_0^{z_j} \frac{\sin k(z_j - z'_j)}{\sin kz_j} E_i^i dz'_j \quad (12)$$

3. 각 단의 등가 전압식 유도

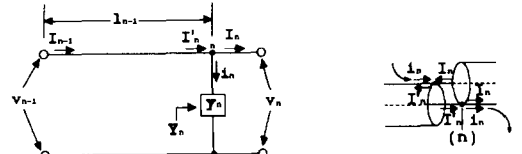


그림 2. (n-1) 번째 소자의 등가회로
Fig. 2. The equivalent circuit of the (n-1)th element.

코리니아 안테나의 전류분포는 식 (10) 의 행렬 방정식으로부터 구해진다. 임피던스 행렬 식 (11) 은 위치의 함수로서 안테나의 좌표만 알면 구할 수 있으나 전압 행렬 식 (12) 는 전계 E^i 을 알아야 한다. 이것은 식 (3)으로 표현되므로, 각 접점에서의 전압 V_n 을 결정해야 한다.

그림 2는 코리니아 안테나의 (n-1) 번째 소자를 전송선로로 등가화한 것이다. 그림 2 에서 I'_n 과 I_n 는 (n-1) 번째 소자에서 (n) 번째 소자로 전달되는 전류이고 i_n 는 복사전류를 나타낸다. 또한, y_n 과 Y_n 은 각 접점 (n) 에서의 복사 어드미턴스 및 입력 어드미턴스를 나타낸다.

그림 2의 등가회로는 전송파라미터를 갖는 2 단자 회로망으로 볼 수 있으며, 만약 코리니아 안테나가 N 개의 소자로 구성된다면, N개의 회로망이 종속접속된 것과 같다. 그림 2로부터, 전송선 이론을 이용하면 입력단의 전압 및 전류를 다음과 같이 출력단의 전압 및 전류 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$V_{n-1} = C_{n-1} v_n + S_{n-1} / y_n [i_n + I_n] \quad (13)$$

$$I_{n-1} = y_n S_{n-1} v_n + C_{n-1} [i_n + I_n] \quad (14)$$

여기서, y_n 는 동축 케이블의 특성 어드미턴스이고, $C_{n-1} = \cosh(\gamma l_{n-1})$ 이며, $S_{n-1} = \sinh(\gamma l_{n-1})$ 이다.

식 (13) 과 식 (14) 를 행렬식으로 나타내기 위해 식 (14) 의 양변에 복사 전류 i_n 항을 더하여 전송 파라미터 값을 갖는 행렬 형태로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} v_1 \\ I_1 \end{bmatrix}^{n=2} &= \begin{bmatrix} C_1 & S_1/y_1 \\ y_1 S_1 & C_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 + I_2 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} v_1 \\ I_1, I_2 \end{bmatrix}^{n=3} &= \begin{bmatrix} C_2 & S_2/y_2 & 0 \\ y_2 S_2 & C_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ i_3 + I_3 \\ i_2 \end{bmatrix} \\ &\dots \\ \begin{bmatrix} v_n \\ i_n + I_n \\ i_{n-1} \\ \vdots \\ i_2 \end{bmatrix}^{n=n+1} &= \begin{bmatrix} C_n & S_n/y_n & 0 & \dots & 0 \\ y_n S_n & C_n & 1 & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ 0 & \vdots & \vdots & \vdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{n+1} \\ i_{n+1} + I_{n+1} \\ i_n \\ \vdots \\ i_2 \end{bmatrix} \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} v_{N-1} \\ i_{N-1} + I_{N-1} \\ i_{N-1} \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{N-1} & S_{N-1}/Y_N & 0 & \dots & 0 \\ Y_N S_{N-1} & C_{N-1} & 1 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_N \\ i_N \\ i_{N-1} \\ i_2 \end{bmatrix}$$

각 접점에서의 전압을 구하기 위해 행렬식의 해를 구하면, 접점 (n) 에서의 전압은 다음과 같이 종단전압 및 각 단의 복사전류로 나타낼 수 있다.

$$v_n = S(n,1)v_N + S(n,2)Y_N v_N + S(n,m)i_{N-1} + \dots + S(n,N)i_{n+1} \quad (16)$$

여기서, Y_N 은 종단 어드미턴스 이고, 상수 $S(n, m)$ 은 식 (15)의 행렬로부터 구해진다. 식 (16)에서 $n=1$ 일 때의 전압 v_1 은 이미 알고 있는 급전전압 V_g 이므로 V_N 을 V_1 으로 나타낸 후 V_N 을 다시 식 (7)에 대입하면 각 단의 전압 V_n 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_n = (-1)^{n+1} \frac{S(n,1) + S(n,2)Y_N}{S(1,1) + S(1,2)Y_N} \left[V_g - \sum_{k=2}^{N-1} S(1, N-k+2)I_k' \right] + (-1)^{n+1} \sum_{k=n+1}^{N-1} S(n, N-k+2)I_k' \quad (17)$$

단,

$$V_n (-1)^{n+1} v_n, \quad V_N = I_N Y_N \\ I_n' (-1)^{n+1} i_n$$

여기서, 만약 n 이 $N-1$ 이라면 식 (17)의 마지막 항은 0 이 된다.

따라서, 식 (17)을 식 (3)에 대입하면 다음과 같이 된다.

$$E'(z) = \sum_{n=1}^N V_n \delta(z - z_n) \quad (18) \\ = \sum_{n=1}^{N-1} (-1)^{n+1} \frac{S(n,1) + S(n,2)Y_N}{S(1,1) + S(1,2)Y_N} \sum_{k=2}^{N-1} (-1)^{k+1} S(1, N-k+2)I_k' \\ - (-1)^{n+1} \sum_{k=2}^{N-1} (-1)^{k+1} S(n, N-k+2)I_k' \delta(z - z_n) \\ + \sum_{k=2}^{N-1} (-1)^{n+1} \frac{S(n,1) + S(n,2)Y_N}{S(1,1) + S(1,2)Y_N} V_g \cdot \delta(z - z_n)$$

식 (18)를 식 (12)에 대입하여 풀면 전압행렬의 원소 V_j 다음과 같다.

$$V_j = \begin{cases} V_n & j = n \\ 0 & j \neq n \end{cases} \quad (19)$$

따라서, 식 (19)를 식 (11)에 대입하여 행렬의

해를 구하면, 이 안테나의 전류분포가 구해진다.

4. 복사전계 해석

일반적으로 선형안테나에 의해 복사되는 복사전계는 다음과 같이 주어진다. (11)

$$E = -\frac{jkZ_0}{4\pi r} e^{-jkr} \int_L [I(s')\hat{s}' - (\hat{r} \cdot I(s')\hat{s}')\hat{r}] e^{jk(\hat{r} \cdot r')} ds' \quad (20)$$

여기서, $Z_0 = 120\pi$, \hat{s}' 는 source 점에서의 접선 단위벡터, \hat{r} 은 원점에서 관측점으로 향하는 단위 벡터이며, r' 는 원점에서 source 점으로 향하는 단위 벡터이다.

식 (20)에서 $\hat{s}' - (\hat{r} \cdot \hat{s}')\hat{r}$ 및 $\hat{r} \cdot \hat{r}'$ 공간 좌표계에서 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{r} \cdot r' = x' \sin \theta \cos \phi + y' \sin \theta \sin \phi + z' \cos \theta \quad (21)$$

$$\hat{s}' - (\hat{r} \cdot \hat{s}')\hat{r} = (s'_x \cos \theta \cos \phi + s'_y \cos \theta \sin \phi + s'_z \cos \theta)\hat{\theta} + (-s'_x \sin \phi, s'_y \cos \phi)\hat{\phi} \quad (22)$$

여기서, (s'_x, s'_y, s'_z) 는 원점에서 source 점으로 향하는 단위 벡터의 성분이다.

그러므로, 식 (20)에 식 (21)과 식 (22)를 대입하면 안테나의 복사패턴은 다음과 같다.

$$D_\theta = \int_L I(s') (s'_x \cos \theta \cos \phi + s'_y \cos \theta \sin \phi - s'_z \sin \theta) \cdot \exp[jk(x' \sin \theta \cos \phi + y' \sin \theta \sin \phi + z' \sin \theta \cos \phi)] ds' \quad (23)$$

$$D_\phi = \int_L I(s') (-s'_x \sin \phi + s'_y \cos \phi) \cdot \exp[jk(x' \sin \theta \cos \phi + y' \sin \theta \sin \phi + z' \cos \theta)] ds' \quad (24)$$

만약, 코리니아 안테나가 z 축상에 놓여 있다면, s' 는 z' 가 되며, 식 (23)과 식 (24)에서 x 및 y 방향의 성분은 0이 되고 복사전계는 θ 성분만 존재한다. 식 (23)을 전류 $I(z')$ 대신 식 (4)를 이용하여 다음과 같이 급수전개할 수 있다.

$$D_\theta = \sum_{i=1}^{N\Delta s} I_i \left(\int_0^{z_i} \frac{s \sin k(z_i - z')}{\sin(kz_i)} (-z' \sin \theta) \exp[jk(z'_i \cos \theta)] dz' \right. \\ \left. + \int_0^{z_{i-1}} \frac{s \sin k(z'_{i-1})}{\sin(kz_{i-1})} (-z'_{i-1} \sin \theta) \exp[jk(z'_{i-1} \cos \theta)] dz' \right) \quad (25)$$

또한, 식 (25)를 이용하여 코리니아 안테나의 이득(G)을 구하면 다음과 같다.

$$G = \frac{\eta k^2 |D_\theta^{\max}|^2}{4\pi P_{in}} \quad (26)$$

여기서 η 는 자유공간의 파동 임피던스이며, P_{in} 은

안테나의 입력전력으로 다음과 같다.

$$P_{in} = R_c \left\{ \hat{V}_n \left[I' \right] \right\} \quad (27)$$

5. 입력 어드미턴스

그림 2 의 등가회로로부터 입력 어드미턴스 Y_i 는 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저, $(N-1)$ 인 점에서 어드미턴스 Y_{N-1} 을 살펴보면 다음과 같다.

$$Y_{N-1} = y_{N-1} + \frac{y_s S_{N-1} V_N + C_{N-1} I_N}{C_{N-1} V_N + S_{N-1} I_N / y_s} \quad (28)$$

그리고, 식 (28)의 우변 두번째 항의 분모와 분자를 V_N 으로 나눈 후 $I_N/V_N = Y_N$ 을 대입하면 다음과 같다.

$$Y_{N-1} = y_{N-1} + \frac{y_s S_{N-1} + C_{N-1} Y_N}{C_{N-1} + S_{N-1} Y_N / y_s} \quad (29)$$

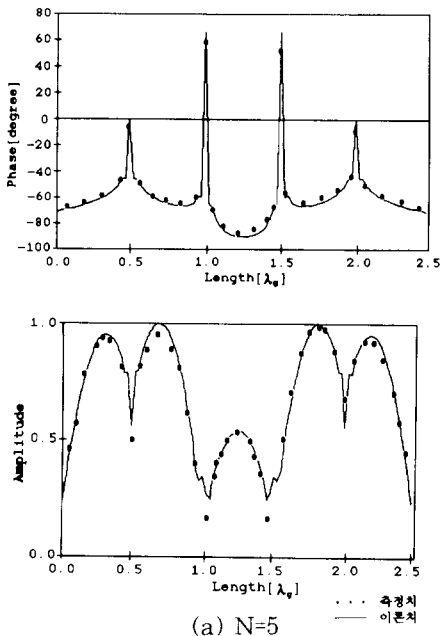
같은 방법으로, (n) 점에서의 입력 어드미턴스 Y_n 을 구하면 다음과 같다.

$$Y_n = y_n + \frac{y_s S_n + C_n Y_{n-1}}{C_n + S_n Y_{n-1} / y_s} \quad (30)$$

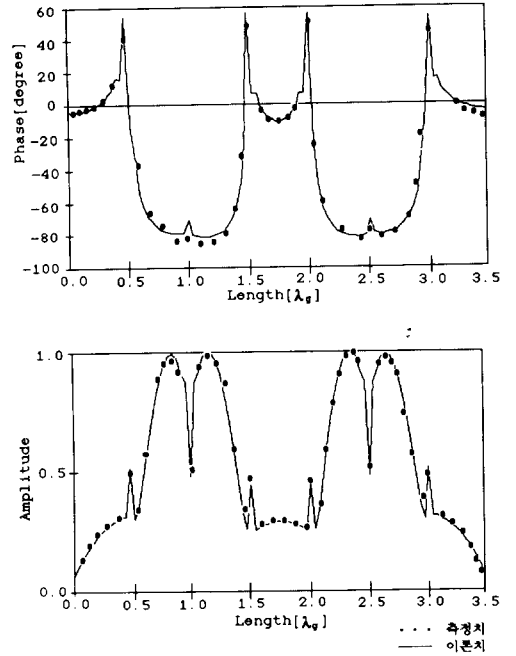
따라서, 식 (30) 로 부터 $n = 1$ 일 때의 입력 어드미턴스를 구하면, 이안테나의 입력 어드미턴스가 된다.

Ⅲ. 수치계산 및 결과

1. 전류분포 및 입력 어드미턴스



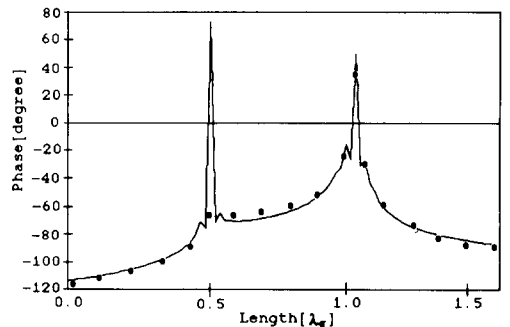
(a) N=5



(b) N=7

그림 3. 코리니아 안테나의 전류분포 및 위상
Fig. 3. The current distributions and phase of collinear antenna.

제 2 장의 모멘트 법을 이용하여 코리니아 안테나의 전류분포를 해석한다. 해석을 위한 세그먼트 수는 하나의 소자를 16 으로 나누어 계산했다. 그림 3 은 길이 $l = \lambda_g/2$ 이고, 반경 $a = 2.6$ mm 인 동일한 소자의 코리니아 안테나에 대하여 소자 수를 각각 $N = 5, 7$ 로 놓고 계산한 전류분포 및 위상이다. 그림 3 에서 안테나의 전류분포는 중심을 축으로 좌우 대칭임을 알 수 있다.



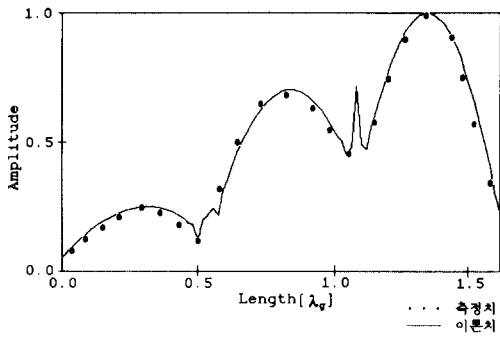


그림 4. 임의의 길이의 코리니아 안테나의 전류 분포 및 위상

Fig. 4. The current distribution and phase of collinear antenna of arbitrary length.

그림 4 는 소자 수를 $N = 3$ 으로 놓고 소자의 길이를 각각 $l_0 = 0.5\lambda_g$, $l_1 = 0.5625\lambda_g$, $l_3 = 0.63\lambda_g$ 로 했을 때의 전류분포 및 위상을 나타낸다. 그림 4 에서와 같이 소자의 길이가 다른 경우의 전류분포는 비대칭임을 알 수 있고, 전류의 위상이 반전되는 점에서의 전류는 순간적으로 커짐을 알 수 있다. 그림 3 과 그림 4 에서 측정치는 Akihida Sakitani의 측정치⁽⁴⁾를 나타낸다.

표 1. 입력 어드미턴스의 측정값 및 계산값 ($f = 900 \text{ MHz}$, $l = 0.5\lambda_g$)

Table 1. The measured and calculated values of input admittance.

단위: $m\Omega^{-1}$

N	측정값 ⁽⁴⁾	계산값 (본 논문의 방법)	계산값 ⁽⁴⁾
2	$2.59 + j0.50$	$2.16 - j0.74$	$1.88 - j1.62$
3	$3.11 + j0.89$	$2.63 - j0.45$	$2.28 - j1.67$
5	$6.23 + j0.84$	$5.13 - j0.36$	$4.62 - j2.79$
6	$6.68 + j1.07$	$5.63 - j0.07$	$5.05 - j2.85$
7	$7.77 + j2.25$	$6.41 + j1.04$	$5.93 - j2.25$

표 1 은 식 (30) 을 이용하여 길이 $l = 0.5\lambda_g$ 이고 반경 $a = 2.6\text{mm}$ 인 동일한 소자를 이용하여, 소자 수에 따라 계산한 입력 어드미턴스를 나타낸다. 본 논문의 방법에 의한 계산값이 참고문헌 [4] 의 측

정치 및 계산값의 중간값으로 측정치에 근접한 것으로 나타났다.

2. 복사패턴

그림 5는 주파수 $f = 900 \text{ MHz}$, 길이 $l = 0.5\lambda_g$ 인 동일한 소자를 이용하고 소자 수를 각각 $N = 3, 5, 7, 10$ 일 때의 복사패턴을 나타낸다. 이때, 종단은 개방시켰다.

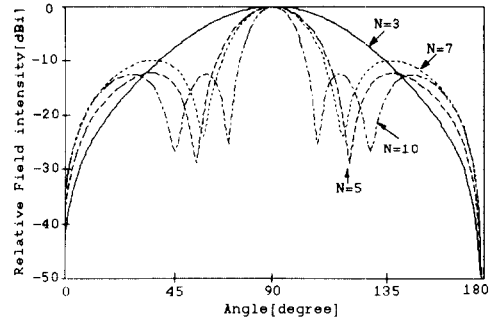


그림 5. 코리니아 안테나의 복사패턴

Fig. 5. The Radiation patterns of collinear antenna.

그림 6은 소자 수 $N = 20$ 으로 하고 종단을 단락시켰으며, $l_2 - l_{19}$ 는 동일한 길이의 소자를 사용했고, l_1 및 l_{20} 는 각각 l_2 길이의 120% 및 60%인 소자를 사용했을 때의 복사패턴으로서, 이것은 길이 $l = 0.5\lambda_g$ 인 동일한 소자로 구성된 경우에 전류의 위상이 안테나 중심에 좌우 대칭인 모양과는 달리 길이에 따라 위상이 증가 함으로서 빔의 최대방향이 수직방향에서 약 15° 틸트됨을 알 수 있다.

계산에 의한 복사패턴은 사이드 로브를 제외하고는 측정패턴과 유사하다. 측정패턴의 사이드 로브가 높게 나타난 것은 복사패턴을 측정할 때 안테나 지지대 및 지면 반사파등에 의한 영향으로 생각된다. 측정은 30 m 높이의 철탑위에 설치된 안테나를 설치하고, 동일 높이의 다른 철탑위에 기준 안테나를 설치한 후 측정했다. 철탑사이의 거리 $R_0 = 30\text{m}$ 로서 far-field 조건인 $2D^2/\lambda$ 을 만족하며, 여기서 D 는 안테나의 길이이다.

그림 7 은 동일 길이(λ_g) 의 소자를 갖는 코리니아 안테나에서 소자 수에 따라 주파수를 850 - 950 MHz 로 변화 시키며 계산한 이득을 나타낸다. 주파수 변화에 따른 이득의 변화는 매우 작으나 소자수가 $N = 4, 7$ 일때는 다소 변화됨을 알 수 있다.

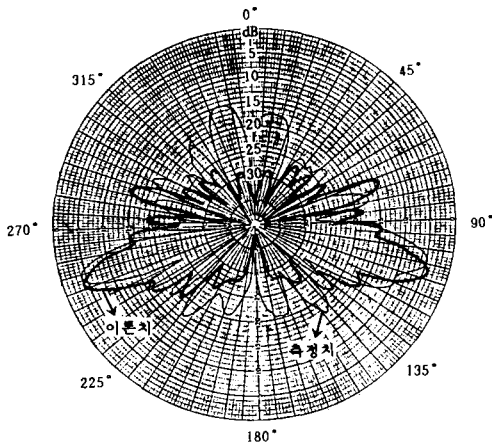


그림 6. 빔 틸트 코리니아 안테나의 복사패턴
 Fig. 6. The radiation pattern of beam-tilted collinear antenna.

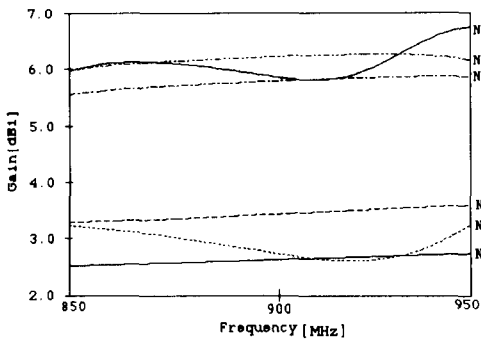


그림 7. 코리니아 안테나의 이득
 Fig. 7. The gains of collinear antenna.

IV. 결론

국내외적으로 정보화 시대를 맞이하여 정보통신 산업을 미래의 핵심산업으로 설정하고 이 분야의 기술 개발에 주력하고 있다. 이에 능동적으로 대처하기 위해 본 논문에서는 이동통신 기지국 안테나로 널리 사용되고 있는 코리니아 안테나에 관하여 모멘트 법과 전송이론을 결합한 해석방법을 제시하고 빔 틸트 안테나를 제작하여 복사패턴을 측정함으로써 코리니아 안테나의 빔 틸트화의 가능성을 제시했다.

본 논문에서 제시한 방법의 타당성을 입증하기 위

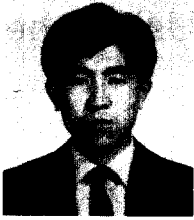
하여 코리니아 안테나를 해석하여 전류분포, 입력 어드미턴스, 복사패턴 및 이득을 계산하였으며 전류분포 및 입력 어드미턴스는 참고문헌 [4]의 측정치와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 또한 소자 수 $N = 20$ 인 빔 틸트 코리니아 안테나의 복사패턴 측정결과는 사이드 로브를 제외하고 계산치에 근접한 것으로 나타났다. 여기서 사이드 로브의 차이는 안테나 지지대 및 대지 반사파의 영향에 의한 것으로 생각된다.

끝으로 본 논문의 연구 결과를 토대로 빔 틸트 코리니아 안테나에 관한 최적설계 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

參考文獻

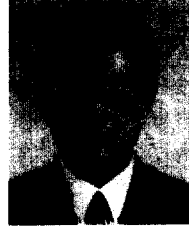
[1] 최학근 외 3인, "디지털 이동통신용 고이득 안테나 개발," 체신부, 중간보고서, 1993년 1월.
 [2] T. J. Judasz, W. L. Ecklund and B. B. Basley, "The coaxial collinear antenna: current distribution from the cylindrical antenna equation," *IEEE Trans. AP.*, vol. 35, No. 3, pp. 327-331, Mar. 1987.
 [3] T. J. Judasz and B. B. Basley, "Improved theoretical and experimental models for the coaxial collinear antenna," *IEEE Trans. AP.*, vol. 37, pp. 289-296, Mar. 1989.
 [4] A. Sakitani, "Analysis of coaxial collinear antenna: recurrence formula of voltages and admittances at connections," *IEEE Trans. AP.*, vol. 39, No. 1, pp. 15-20, Jan. 1991.
 [5] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, "Antenna theory and design," John Wiley & sons Inc., Chap. 7, 1981.
 [6] K. K. Mei, "On the integral equation of thin wire antenna," *IEEE Trans. AP-13*, pp. 374-378, May, 1965.
 [7] R. F. Harrington, "Field computation by moment methods," The macmillan Co. New York, Chap. 4, 1968.

著 者 紹 介



任 成 彬(正會員)

1966年 2月 14日生. 1988年 2月 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993年 8月 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 주 관심분야는 이동통신, 안테나 및 전파전파, Reflector 등임.



崔 學 根(正會員)

1956年 3月 18日生. 1979年 2月 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1981年 2月 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1988年 2月 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1991年 2月 ~ 현재 단국대학교 전자공학과 조교수. 주 관심분야는 안테나 및 전파전파, Reflector 등임.