

리액턴스 장하 강제 공진형 지향성 틸트 다이폴 안테나 소자

Reactance Loaded Dipole Antenna Elements for Beam Tilting with Forced Resonance

김기채* · 권익승* · 서영석* · 박용완**

Ki-Chai Kim* · Ick-Seung Kwon* · Young-Suk Suh* · Yong-Wan Park**

요 약

본 논문에서는 급전점에서의 입력 임피던스 정합을 위해 리액턴스 소자를 이용한 지향성 틸트 다이폴 안테나 소자의 기본 특성을 검토하고 있다. 방사 지향성의 틸트는 급전점의 위치를 적절히 선택하여 실현시키고, 틸트각을 크게 변화시키지 않으면서 안테나를 강제적으로 공진시킬 수 있도록 리액턴스 소자를 장하시키고 있다. 수치 계산 결과, 방사 지향성의 틸트각을 크게 변화시키지 않으면서 강제공진을 취할 수 있도록 하기 위해서는 리액턴스 소자를 급전점 부근에 장하시켜야 한다는 것을 확인할 수 있었다. 제안한 안테나의 길이를 0.8λ , 급전점을 0.2λ 로 선택하였을 경우, 주 지향성의 틸트각은 57.7° 가 얻어졌으며 전력이득은 최대 8.6 dB 를 얻을 수 있었다.

Abstract

This paper presents the basic characteristics of the beam tilting dipole antenna element in which one reactance element is used for the impedance matching at the feed point. The radiation pattern is tilted by the properly determined driving point position, and the loading reactance is used to obtain forced resonance without great changes in tilt angle. The numerical results demonstrate that the reactance element should be loaded in the region where the driving point is placed to obtain forced resonance of the antenna with little changes in beam tilt angle. In case the proposed forced resonant beam tilting antenna with 0.8λ length is driven at 0.2λ from the center, the main beam tilt angle of 57.7 degrees, the highest power gain of 8.6 dB are obtained.

I. 서 론

셀룰러 이동통신용의 기지국에 사용되는 안테나의 지향성은 다른 서비스 영역과의 간섭을 줄이기 위하여 주 지향성은 수평 방향보다 아래쪽으로 향해 있어야 할 필요가 있다^[1]. 현재 사용되고 있는 기지국용 안테나는 주로 위상차 급전에 의한 지향성 틸트 방법을 많이 적용하고 있는데^{[1],[2]}, 안테나에 부하를 접속하여 지향성 틸트를 실현시키는 방법도 있다^{[3]~[5]}.

최근에는 동축 슬리브를 이용한 지향성 틸트 안테나에 관한 연구도 보고되고 있다^[6]. 장하를 이용한 지향성 틸트의 방법은 안테나의 길이를 $1\sim 1.5\lambda$ 로 선택하여 급전점 및 장하점의 위치를 조절하여 지향성을 틸트시키는 방법^[3]과 1λ 이하의 길이에서 리액턴스 소자의 값을 조절하여 틸트시키는 방법^[4]이 대부분이다. 이들의 안테나는 어느 것이나 리액턴스 소자를 지향성 틸트의 목적으로 사용하였으므로 급전선과의 정합에는 문제가 있으며 검토가 필요하다.

「본 연구의 일부는 한국학술진흥재단의 대학 부설연구소 연구지원에 의해 수행되었습니다.」

* 영남대학교 전기전자공학부(School of Electrical and Electronic Engineering, Yeungnam University)

**영남대학교 정보통신공학과(Department of Information and Communication, Yeungnam University)

· 논문 번호 : 990915-078

· 수정완료일자 : 1999년 11월 22일

본 논문에서는 안테나를 소형화 시키기 위해 안테나의 길이를 1λ 이하로 선택하고, 비대칭 급전으로 틸트된 지향성을 크게 변화시키지 않으면서 공진이 취해지도록 리액턴스 소자를 장하한 다이폴 안테나 소자의 기본 특성을 검토하고 있다. 본 안테나의 기본 원리는 잘 알려져 있는 비대칭 급전으로 지향성을 틸트시키고, 지향성에 대한 전류분포의 정류성을 적극적으로 이용하여 강제 공진용 리액턴스 소자를 위상 반전선을 경계로 급전점 부근의 영역에 장하시키면 틸트된 지향성을 크게 변화시키지 않으면서 안테나를 강제적으로 공진시킬 수 있는 것이다.

수치계산 결과, 급전점 위치의 적절한 선택에 의해 틸트된 지향성은 급전점 영역에 장하한 강제 공진용의 리액턴스 소자에 의해 방사 지향성을 크게 변화시키지 않으면서 안테나를 강제적으로 공진시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 안테나의 길이를 0.8λ , 급전점을 0.2λ 로 선택하였을 경우, 주 지향성의 틸트각은 57.7° 가 얻어졌으며 전력이득은 최대 8.6 dB 를 얻을 수 있었다. 또한, 이론해석의 타당성을 확인하기 위하여 전류분포에 관한 Harrington & Mautz의 계산결과와도 비교하였다.

II. 강제 공진특성을 갖는 지향성 틸트 다이폴 안테나의 원리

그림 1은 강제 공진특성을 갖는 지향성 틸트 안테나의 원리를 설명하기 위해 전류분포의 진폭과 위상을 나타낸 개략도이다. 전류분포의 위상 반전선(영역 I과 영역 II의 경계선)을 경계로 하여 영역 I(급전점 영역)과 영역 II(주 지향성 영역)로 구분되어 있으며, 영역 I은 영역 A와 영역 B의 두 부분으로 나누어져 있다. 먼저 영역 I과 영역 II의 위상차에 주목해 두자.

본 안테나의 원리는 안테나의 크기와 급전점의 위치를 적절히 조절하여 방사 지향성을 틸트시키고, 영역 II의 전류 진폭의 형태가 거의 동일하고 영역 I과 영역 II의 전류분포 위상차에 큰 변화가 없도록 강제 공진용의 리액턴스 소자를 영역 I(영역 A 또는 영역 B)에 장하하면 방사 지향성의 변화는 무시할 수 있을 것이다. 전류 분포의 형태가 거의 동일하면 방사 지향성에는 큰 변화가 없는 특성을 본 논문

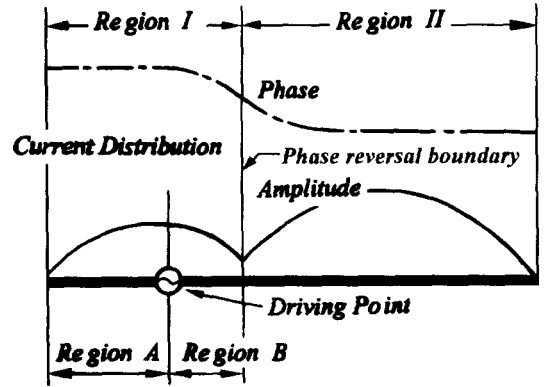


그림 1. 전류분포의 개략도

Fig. 1. Illustration of the current distribution.

에서는 방사 지향성에 대한 전류 분포의 정류성이라 하였다. 즉, 지향성에 대한 전류 분포의 정류성을 적극적으로 이용하면 외부 소자를 급전점 영역인 영역 A 또는 영역 B에 접속하여도 주 지향성을 크게 변화시키지 않으면서 안테나의 공진을 취할 수 있을 것이다.

방사 지향성에 대한 전류분포의 정류성이 확보되는 장하점의 위치는 그림 1의 전류분포도에서 영역 I과 영역 II의 위상차가 무장하시와 거의 동일하게 되도록 선택하면 된다. 즉, 그림 1에서 위상 반전선을 경계로 하여 급전점 영역인 영역 A 및 영역 B에 리액턴스 소자를 장하시키면 위상 반전선으로 인하여 주 지향성 영역인 영역 II의 전류분포 형태에는 거의 영향을 미치지 않을 것이다. 이러한 사실은 제 IV장에서 논의하는 것과 같이, 수치계산 결과 확인되었으며 전력이득을 높이기 위해서는 영역 A에 장하시켜야 한다는 사실도 확인할 수 있었다.

본 안테나는 비대칭구조이므로 밸런을 사용하더라도 평형이 이루어진다는 보장은 없다. 따라서, 밸런의 사용에는 주의를 필요로 한다.

III. 이론해석

강제 공진특성을 갖는 지향성 틸트 다이폴 안테나의 구조와 좌표계를 그림 2에 나타낸다. 반경 a , 길이 L 인 다이폴 안테나가 z 축 방향으로 놓여져 있고, 중심에서 c 위치에 리액턴스 소자가 접속되어

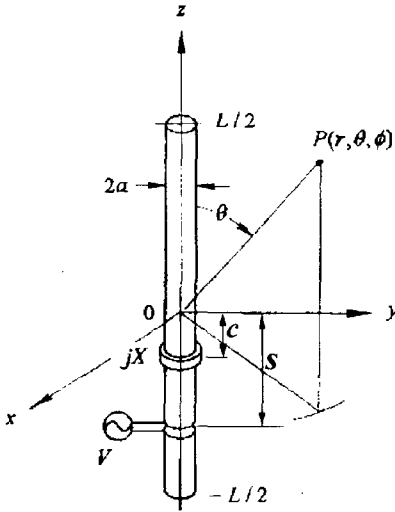


그림 2. 리액턴스 장하 강제공진형 지향성 틸트 안테나

Fig. 2. Geometry and coordinate system.

있다. 그리고 중심에서 s 위치에 전압 V 가 급전되고 있다. 안테나의 반경은 파장에 비하여 충분히 작다고 가정하고 델타함수적 전원으로 급전하면, 안테나에 흐르는 전류분포 $I(z)$ 에 관한 적분방정식은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int \left(\frac{\partial^2}{\partial z'^2} + k^2 \right) G(z, z') I(z') dz' = -V\delta(z-s) + jXI(c)\delta(z-c) \quad (1)$$

여기서, $G(z, z')$ 는 자유공간의 Green함수이며

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

이다. 그리고 ω 및 ϵ_0 는 각각 각주파수 및 진공의 유전율이며, k 는 자유공간의 파수, $R = \sqrt{(z-z')^2 + a^2}$ 이다. X 는 장하 리액턴스의 값이며, $I(c)$ 는 장하점에서의 전류치, $\delta(*)$ 는 Dirac의 delta함수이다.

전류분포에 관한 적분방정식 (1)은 전류분포를 $I(z) = \sum_{n=1}^N I_n F_n(z)$ 로 전개하고(여기서, $I(n)$ 은 전류분포의 전개계수), 전개함수로서 다음 식과 같은 구분적 정현함수를 이용한 Galerkin의 모멘트 법으로 해석한다.

$$F_n(z) = \begin{cases} \hat{z} \frac{\sin k(z-z_{n-1})}{\sin k\Delta z_n}, & z_{n-1} \leq z \leq z_n \\ \hat{z} \frac{\sin k(z_{n+1}-z)}{\sin k\Delta z_n}, & z_n \leq z \leq z_{n+1} \end{cases} \quad (3)$$

여기서, \hat{z} 는 z 방향의 단위벡터이며 $\Delta z_n = z_n - z_{n-1} = z_{n+1} - z_n$ 이다.

급전점의 위치를 적절히 조절하여 지향성을 틸트시킨 상태에서 강제 공진특성을 고찰하기 위해, 그림 2의 안테나를 급전점(포트 1) 및 장하점(포트 2)에 착목하여 2 단자 회로망으로 취급하면 각 단자의 전류 (i_1, i_2)와 전압 (v_1, v_2)과의 관계는 어드미턴스 파라미터 y_{ij} ($i, j=1,2$)를 사용하여 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

포트 2에는 리액턴스가 접속되어 있으므로, $i_2 = -(1/jX)v_2 = -Yv_2$ 의 관계식을 식 (4)에 대입하면 안테나의 급전점 임피던스는 다음 식과 같다.

$$Z_{in} = \frac{y_{22} + Y}{y_{11}(y_{22} + Y) - y_{12}^2} \quad (5)$$

리액턴스 소자의 장하에 의한 강제 공진은, (a)급전선로에 완전히 정합시키는 완전정합($Z_{in} = Z_0 + j0$)과, (b)급전선로에 부분적으로 정합시키는 부분정합($Z_{in} = R_m + j0$)의 두 가지 경우를 생각할 수 있다. 단, 여기서 Z_0 는 급전선로의 특성 임피던스이며, R_m 은 안테나의 입력 저항이다.

리액턴스 소자의 위치를 적절히 조정하면 틸트각을 크게 변화시키지 않고도 한 개의 리액턴스 소자로서 완전정합에 가까운 정합특성을 얻을 수 있다(이 사실은 제IV장의 수치계산 결과 확인되었다). 따라서, 본 논문에서는 (b)의 부분정합에 대해서만 검토하고 있다. 만약, 강제 공진용 리액턴스 소자를 이용하여 완전정합을 실현시키고자 한다면 2개의 리액턴스 소자가 필요하게 되므로 용장도가 커지고 취급이 어려워진다. 그러므로 본 논문에서는 "리액턴스 1개"의 원칙을 유지하기로 한다.

한 개의 리액턴스 소자로서 부분정합을 생각하고 있으므로 그림 2의 리액턴스가 장하된 안테나가 강

제적으로 공진하기 위한 공진 조건식은

$$\text{Im}\{Z_{in}(y_{ij}, jX)\} = 0 \quad (6)$$

이다. 리액턴스는 특성 임피던스가 ξ_0 인 끝단 단락인 전송선로로 구성할 수 있으므로 $jX = j\xi_0 \tan(kt)$ 로 나타낼 수 있으며, 이를 식 (6)에 대입하여 kt 에 대해 정리하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$kt = \tan^{-1}\left(\frac{2y_{11}^I}{\xi_0(-E \pm D)}\right) \quad (7)$$

여기서,

$$D = \sqrt{E^2 - 4y_{11}^I G} \quad (8)$$

이다. 그리고,

$$E = (y_{12}^I)^2 - 2y_{22}^I y_{11}^I - (y_{12}^R)^2 \quad (9)$$

$$G = y_{11}^I (y_{22}^R)^2 + y_{11}^I (y_{22}^I)^2 - 2y_{22}^R y_{12}^R y_{12}^I - y_{22}^I (y_{12}^I)^2 + y_{22}^I (y_{12}^R)^2 \quad (10)$$

이며 모두 실수값을 갖는다. 여기서 y_{ij}^R 는 y_{ij} 의 실수부, y_{ij}^I 는 y_{ij} 의 허수부를 나타낸다.

전류분포에 관한 적분방정식(1)의 해가 구해지면 방사 지향성은 다음과 같이 계산된다.

$$E(\theta) = \hat{\theta} \frac{j\omega\mu e^{-jkr}}{4\pi r} \sin\theta \cdot \sum_{n=1}^N \frac{I_n}{\sin k\Delta z_n} (S_L + S_U) \quad (11)$$

$$S_L = \int_{z_{n-1}}^{z_n} \sin k(z' - z_{n-1}) e^{jkz' \cos\theta} dz' \quad (12)$$

$$S_U = \int_{z_n}^{z_{n+1}} \sin k(z_{n+1} - z') e^{jkz' \cos\theta} dz' \quad (13)$$

여기서, $\hat{\theta}$ 는 θ 방향의 단위벡터이다.

안테나의 급전점 위치에 따른 지향성 틸트각 θ_{\max} 를 계산하기 위해, 최대 지향성을 단위크기로 규격화 하면 급전점 s 와 틸트각 θ_{\max} 의 관계는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$E_\theta(s, \theta_{\max}) - 1 = 0 \quad (14)$$

이 식을 이용하면, 틸트각 θ_{\max} 이 되는 급전점의 위치 s 를 구할 수 있다.

강제 공진용 리액턴스의 장하에 의해 발생하는 주 지향성 틸트각의 변화를 고찰하기 위해 틸트각의 변화 $\Delta\theta$ 를 다음 식으로 정의한다.

$$\Delta\theta = \theta_{\max}^U - \theta_{\max}^L \quad (15)$$

여기서, θ_{\max}^U 는 무장하일 때의 지향성 틸트각을 나타내며, θ_{\max}^L 는 리액턴스 소자를 장하했을 때의 지향성 틸트각을 나타낸다.

IV. 계산결과 및 검토

그림 3은 안테나의 길이를 파라미터로 했을 때 급전점의 위치 s 와 틸트각 θ_{\max} 의 관계를 나타낸다. 안테나의 길이가 짧을수록 θ_{\max} 의 변화폭이 작아지므로 조절 가능한 틸트각의 범위는 좁아진다는 것을 알 수 있다. 그러나 0.8λ 정도 이상이면 θ_{\max} 의 변화폭은 비슷하며, 수평방향을 기준으로 하여 아래 방향으로 틸트되는 각의 범위는 약 40도 정도임을 알 수 있다.

본 논문에서는 1λ 이하의 안테나를 생각하고 있으므로, 이하의 계산에서는 안테나 길이를 $L=0.8\lambda$ 로 선택하여 급전점의 위치가 $s=-0.2\lambda$ 인 경우를 고찰하고 있다. 이 경우의 지향성 틸트각은 $\theta_{\max} = 57.7^\circ$ 이다.

그림 4는 장하점의 위치를 변화시켰을 때, 부분정합 조건을 만족하는 리액턴스 소자의 길이와 리액턴스 값을 나타내고 있다. 그림으로부터 부분정합 조건을 만족하는 리액턴스의 길이는 $kt=1.3\sim 1.5$ 의 범

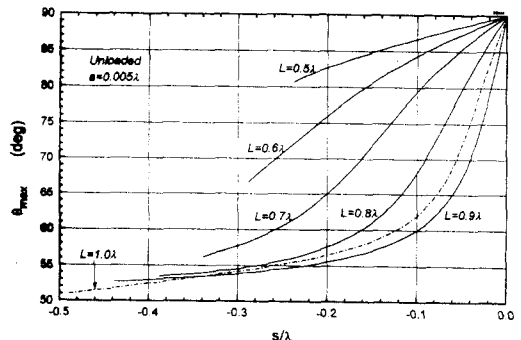


그림 3. 급전점 위치에 따른 최대 틸트각.
Fig. 3. Main beam tilt angle vs. driving position.

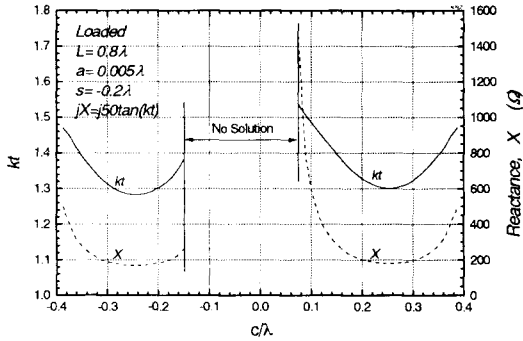


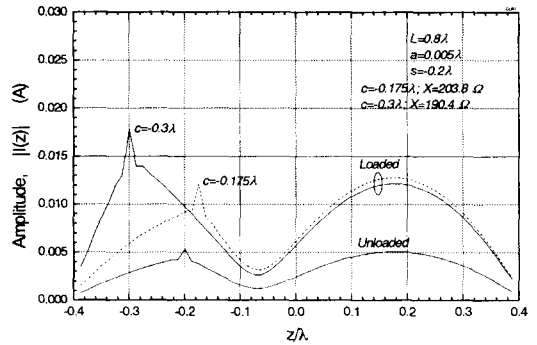
그림 4. 장하점의 위치에 따른 리액턴스의 길이와 리액턴스 값.

Fig. 4. Length and value of the reactance element vs. loading position.

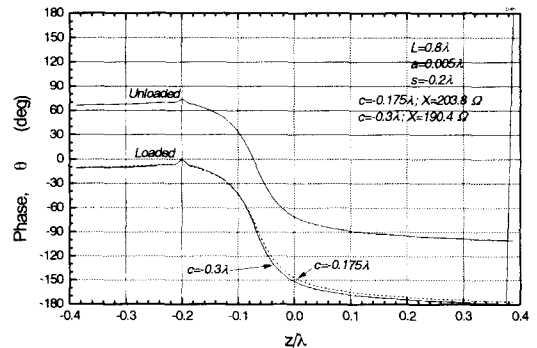
위에 있음을 알 수 있다. 그림 4에서 No Solution으로 표기된 부분은 식 (8)의 판별식이 음이 되는 것을 나타낸다.

그림 5는 리액턴스의 장하 위치를 파라미터로 하여 강제 공진시의 전류분포를 계산한 일 예를 나타낸다. 비교를 위해 무장하시의 전류분포도 함께 나타내었다. 장하시에는 주 지향성 영역(그림 1에서 영역 II에 해당)에서의 전류진폭의 크기가 무장하시와는 다르나 전류의 형태는 거의 동일하며, 두 영역(그림 1에서 영역 I 및 영역 II에 해당)의 위상차도 거의 동일함을 알 수 있다. 그림에서 보는 것처럼 장하점의 위치가 급전점에 가까우면($c = -0.175\lambda$ 의 경우) 영역 I과 영역 II의 전류진폭의 형태는 무장하시의 경우와 유사하다. 그러나, 급전점에서 멀어지면($c = -0.3\lambda$ 의 경우) 영역 I의 장하점 전류진폭이 크게 된다. 장하점이 급전점에서 멀어지더라도 지향성 틸트각에는 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 확인할 수 있었다(그림 6참조).

그림 6은 그림 5의 전류분포로부터 형성되는 방사 지향성을 나타낸다. 리액턴스를 장하하면 첫번째 골의 레벨변동에 따른 방사 지향성의 변화는 있으나, 주 지향성의 틸트각은 거의 동일함을 알 수 있다. 그림 5의 전류분포를 참조하여 그림 6의 방사 지향성을 고찰해 보자. 장하점이 급전점에 가까우면 사이드 로브 레벨은 낮아지지만 골은 알아지고, 급전점에서 멀면 골은 깊어지지만 사이드 로브 레벨은 높아진다는 것을 알 수 있다. 그리고, 그림 5의 전류분포에서



(a)



(b)

그림 5. 전류분포. (a) 진폭, (b) 위상

Fig. 5. Amplitude and phase of the current distribution. (a) Amplitude, (b) Phase.

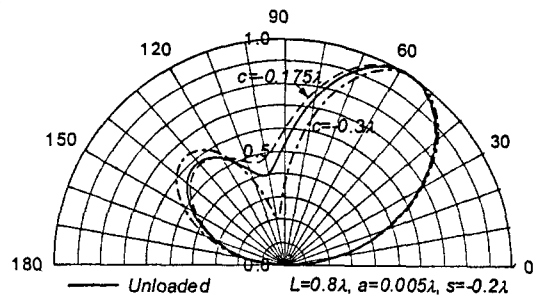


그림 6. 방사 지향성($c = -0.175\lambda$; $X = 203.8\Omega$, $c = -0.3\lambda$; $X = 190.4\Omega$)

Fig. 6. Radiation pattern($c = -0.175\lambda$; $X = 203.8\Omega$, $c = -0.3\lambda$; $X = 190.4\Omega$).

영역 I의 장하점 전류진폭이 커지더라도($c = -0.3\lambda$ 의 경우) 주 지향성의 틸트각에는 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 그림 6으로부터 확인할 수 있다.

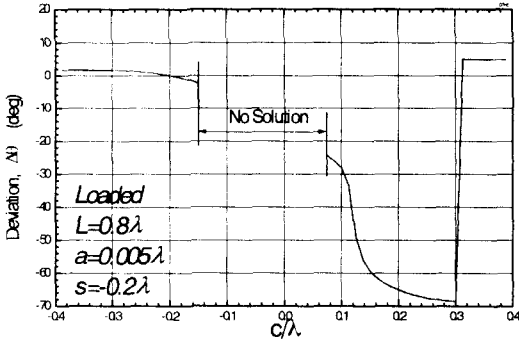


그림 7. 장하점의 위치에 따른 지향성 틸트각의 변화량
Fig. 7. Deviation of the main beam tilt angle.

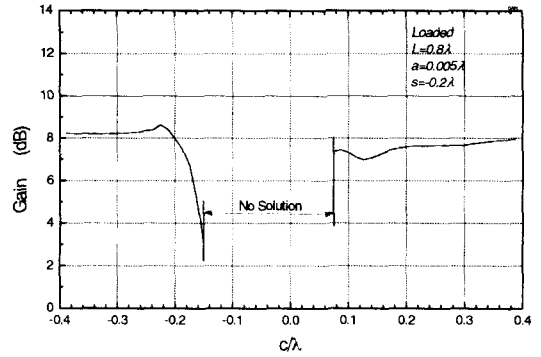


그림 10. 전력이득
Fig. 10. Power gain.

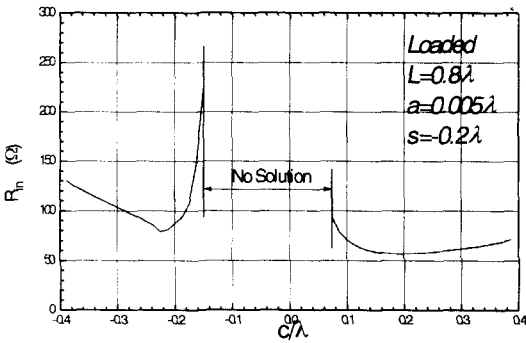


그림 8. 장하점의 위치에 따른 입력 임피던스
Fig. 8. Input impedance vs. loading position.

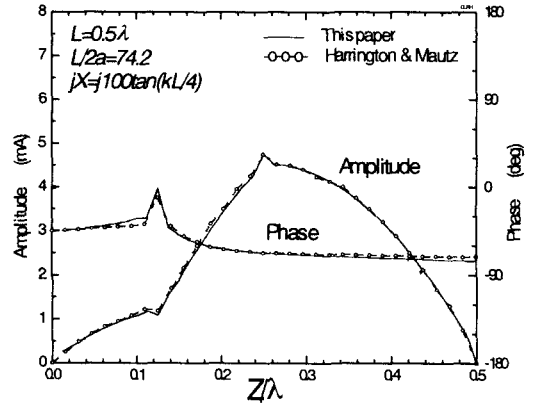


그림 11. 전류분포의 계산결과
Fig. 11. Current distributions compared with those in [3].

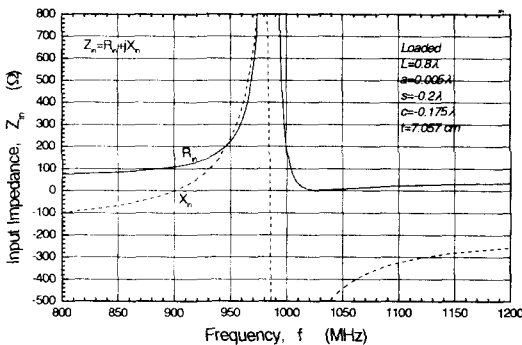


그림 9. 입력 임피던스의 주파수 특성
Fig. 9. Frequency characteristics of input impedance.

그림 7은 강제 공진용 리액턴스의 장하에 의해 발생하는 주 지향성 틸트각의 변화 $\Delta\theta$ 를 식 (15)로부터 구한 것이다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼 리액턴스 소자의 장하에 따른 주 지향성 틸트각

의 변화는 $\Delta\theta = \pm 2^\circ$ 이내이다. 그림 7에서 오른쪽 부분은 영역 II(주 지향성 영역)에 해당하며 영역 II에 리액턴스를 장하하면 지향성 틸트각은 크게 변화한다는 것을 알 수 있다. 이 사실은 이미 2장에서 언급한 것과 같이 주 지향성을 주는 전류분포의 정류성을 확보하기 위해서는 전류의 위상 반전선을 경계로 하여 영역 I(급전점 영역)에 리액턴스 소자를 장하하여야 한다는 본 안테나의 기본 원리를 증명하고 있다. 단, 그림 7에서 보는 것처럼 장하점이 약 $c = 0.32\lambda$ 이상(영역 II의 끝부분에 해당)인 경우에는 $\Delta\theta = 5^\circ$ 정도로서 영역 I의 경우 보다 약 2배 이상의 차이가 있지만 이 영역도 이용할 가치는 있는 것으로 생각된다.

그림 8은 장하시의 입력 임피던스를 계산한 것이

다. 그림 8로부터 알 수 있는 것처럼 장하점의 위치를 적절히 선택하면 틸트각을 크게 변화시키지 않으면서 정재파비 $VSWR \leq 1.5$ 로 75Ω 의 급전선로에 정합시킬 수 있는 장하 가능범위는 0.162λ 정도이며, 정재파비 $VSWR \leq 2.0$ 으로 75Ω 의 급전선로에 정합시킬 수 있는 장하 가능범위는 0.218λ 정도임을 알 수 있다. 즉, 장하시의 입력 저항에 관한 그림 8로부터 알 수 있는 것처럼 1개의 리액턴스 소자를 사용하여도 완전정합의 효과를 얻을 수 있으므로, 완전정합을 위해 2개의 리액턴스 소자를 사용할 필요가 없다는 것을 알 수 있다.

그림 9는 입력 임피던스의 주파수 특성을 나타낸다. 일 예로써 주파수 900 MHz에서 부분정합이 취해지도록 하여 입력 임피던스의 주파수 특성을 검토해 보면, 900 MHz에서의 입력저항은 110Ω 으로서 급전선로의 특성 임피던스가 75Ω 인 경우에는 $VSWR = 1.46$, 특성 임피던스가 50Ω 인 경우에는 $VSWR = 2.2$ 가 된다. 급전점 임피던스의 완전 정합을 위해 정합회로를 이용하면 리액턴스의 장하를 이용한 경우에 비교하여 대역폭은 넓어지는 데 이에 관한 자세한 내용은 문헌 [7]을 참조하기 바란다.

그림 10은 장하시의 전력이득을 계산한 것이다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼 리액턴스를 영역 A에 장하시키면 영역 B에 장하하는 경우보다 이득이 높아진다. 영역 A에 장하시킨 경우 이득은 8.2 dB 이상이며 최대 8.6 dB 정도 얻어진다. 장하점을 주 지향성 영역인 영역 II에 위치시키면, 영역 I의 경우와 비교하여 전력이득에는 큰 차이가 없으나 주 지향성 영역의 전류분포는 무장하시의 전류분포와 형태가 달라지므로 이에 따른 방사 지향성은 크게 변화한다.

이론해석의 타당성을 확인하기 위하여 장하시의 전류분포에 관한 Harrington & Mautz^[3]의 계산결과와 본 논문의 결과를 그림 11에 나타내었다. 그림 11로부터 양자는 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 문헌^[3]은 안테나의 길이를 $1 \sim 1.5\lambda$ 로 선택하여 급전점 및 장하점의 위치를 조절하여 지향성을 틸트시키고 있으며 입력 임피던스의 정합에는 문제가 있다. 본 논문에서는 앞서도 언급한 것과 같이 이하의 안테나 길이를 선택하고, 지향성의 틸트는 급전점 위치를 조절하여 실현시키며 입력 임피던스의 정합

은 리액턴스 소자를 장하하여 실현시키고 있다.

V. 맺음말

다이폴 안테나 소자의 길이와 급전점 위치의 조절 및 리액턴스 소자의 장하를 이용하여 강제 공진 특성을 갖는 지향성 틸트 다이폴 안테나 소자의 기본특성을 검토하였다. 그 결과, 안테나의 길이와 급전점 위치의 적절한 선택에 의해 틸트된 지향성은 리액턴스를 급전점 부근에 장하시킴으로서 틸트각을 크게 변화시키지 않으면서 강제 공진특성을 갖는 지향성 틸트 안테나를 실현시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 본 다이폴 안테나 소자를 반사판이 부착된 배열 안테나로 구성하면 이득도 높일 수 있는데 이에 대한 검토는 남겨진 과제이다.

참 고 문 헌

- [1] K. Fujimoto and J. R. James eds.: "Mobile Antenna Systems Handbook", Artech House, London 1994.
- [2] Y. Yamada, Y. Ebine and K. Tsunekawa: "Base and Mobile Station Antennas for Land Mobile Radio Systems", *Trans. of IEICE*, vol. E74, no. 6, pp. 1547-1555, June, 1991.
- [3] R. F. Harrington and J. R. Mautz: "Straight Wire with Arbitrary Excitation and Loading", *IEEE Trans., AP-15*, no. 4, pp. 502-515, July, 1967.
- [4] K. Fujimoto, A. Henderson, K. Hirasawa, and J. R. James: "Small Antennas", Research Studies Press, 1987.
- [5] K. Hirasawa: "Design of Arbitrary Shaped Thin Wire Antennas by Passive Impedance Loadings", *Trans. of IEICE*, vol. J61-B, pp. 713-720, Aug., 1978.
- [6] T. Tanaka, N. Nakano, S. Egashira and A. Sakitani: "Beam Tilting Antenna with Sleeves", *ITE Technical Report*, vol. 17, no. 62, pp. 59-64, BFO'93-52, Dec., 1993.
- [7] K. C. Kim and I. S. Kwon: "Beam Tilting

Dipole Antenna Elements with Forced Resonance by Reactance Loading", *IEICE Trans. Commun.*, to be Published, Jan., 2000.

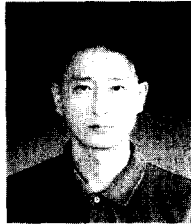
김 기 채



1984년: 영남대학교 전자공학과(공학사)
 1986년: Keio Univ. 전기공학과(공학석사)
 1989년: Keio Univ. 전기공학과(공학박사)
 1989년 4월~1993년 3월: 한국표

준과학연구원 전자파연구실 선임연구원
 1993년 4월~1995년 8월: 일본 후쿠오카공업대학 정보공학과 조교수
 1995년 9월~현재: 영남대학교 전기전자공학부 부교수, 한국전자과학회 평의원, 일본 IEICE Young Engineer Award(1988), 일본 전기학회 논문발표상 수상(1994)
 [주 관심분야] EMC/EMI 안테나 및 측정시설, 소형 안테나 및 전자파 응용

권 익 승



1988년 2월: 영남대학교 전기공학과(공학사)
 1998년 3월~현재: 영남대학교 전기공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 이론, 마이크로파 전력전송

서 영 석



1986년 2월: 영남대학교 전기공학과(공학사)
 1991년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과(공학석사)
 1995년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과(공학박사)
 1995년 9월~현재: 영남대학교 전

기전자공학부 조교수
 [주 관심 분야] RF & 마이크로파 회로

박 용 완



1982년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1984년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학석사)
 1987년 1월~1989년 2월: 뉴욕주립대 Buffalo 대학 전자공학과(공학박사)

1989년 2월~1993년 12월: 캘리포니아 공과대학(Caltech) Research Fellow
 1994년 1월~1996년 8월: SK Telecom 중앙연구원 기술연구팀장
 1996년 9월~현재: 영남대학교 정보통신공학과 조교수
 [주 관심분야] 통신 신호처리, 이동통신 시스템등