

안테나지향선도측정에서 외부반사의 영향을 줄이기 위한 한가지 방법

정원철, 리영명

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《전자공학부문의 과학자, 기술자들은 이미 이룩한 성과와 경험에 기초하여 전자공학과 전자공업을 새로운 높은 단계으로 발전시키며 인민경제 중요부문의 전자계산기화, 로봇화를 실현하기 위한 투쟁을 힘있게 벌려야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 486페이지)

논문에서는 가격이 비싸고 제작이 힘든 전파암실을 리용하지 않고 반사가 존재하는 일반실험실조건에서 그 영향을 제거하여 지향선도를 정확히 구할수 있는 한가지 방법을 제기하였다.

안테나지향선도를 정확히 구하자면 보통의 실험실적조건에서는 불가능하고 외부반사가 없는 전파암실이 필요하다.

일반적으로 송신안테나로부터 복사된 전자기파는 각이한 경로를 거쳐 수신안테나에 이르게 된다.(그림 1)

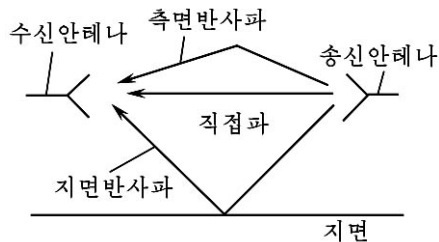


그림 1. 측정체계에서 전자기파의 전파경로

실제로 송신안테나로부터 수신안테나로 전파되는 파들에는 직접파와 주위물체들에 의한 반사파가 있는데 이러한 수신안테나에 수신되는 신호는 다음과 같이 표시된다.

$$Y(t) = \sum_{i=1}^M R_i \exp(j\omega t - kx_i + \varphi_i) \quad (1)$$

여기서 M 은 전파경로의 개수, R_i 는 매 경로전자기파의 수신점에서의 세기, x_i 는 매 전파경로의 길이, φ_i 는 초

기위상, k 는 전파상수이다. 그리고 잡음의 영향은 무시하였다.

만일 전파경로의 개수 M 과 R_i 를 측정하여 구할수 있다면 직접파에 해당하는 R_i 만을 골라내어 반사파의 영향을 제거한 지향선도를 작성할수 있다.

그러나 초고주파신호인 경우 주기가 매우 짧으므로 시간령역을 표본화하여 매 순간의 수신신호세기를 측정하는것은 어렵다.

송신신호가 $Y_0 = R_0 \exp(j\omega t)$ 로 정의된다면 상대적수신신호는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$H = \frac{Y(t)}{Y_0(t)} = \frac{R_i \exp(j\omega t - kx_i + \varphi_i)}{R_0 \exp(j\omega t)} = K \exp(-kx_i + \varphi_i) \quad (2)$$

$$kx_i = \frac{2\pi}{\lambda} x_i = \frac{2\pi}{\lambda} ct_i = 2\pi f t_i \quad (t_i \text{는 매 경로에서의 전파시간})$$

를 고려하면 식 (2)는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$H(f) = K_i \exp(2\pi\Delta t_i)f = K_i \exp(S_i f) \quad (3)$$

한편 식 (1)을 고려하면 식 (3)은 다음과 같이 된다.

$$H(f) = \sum_{i=1}^M K_i \exp(S_i f) \quad (4)$$

식 (4)에는 매 전파경로에 대한 감쇠와 위상지연정보가 들어있다.

주파수영역에서 상대적수신신호 $H(f)$ 를 측정할수 있으므로 주파수대역을 표본화하여 해당 주파수에서 상대적수신신호를 측정하면 행렬계산에 의하여 M, K_i, S_i 를 구할수 있다.

방위각 Φ_m 에서의 $H(f)$ 는 다음과 같다.

$$H(f_k)|_{\Phi_m} = \sum_{i=1}^M K_{i,m} \exp(S_{i,m} f_k) \quad (5)$$

한편 주파수대역폭은 직접파와 반사파사이의 시간지연이 2π 보다 작다는 조건으로부터 구할수 있다. 즉

$$2\pi\Delta t\Delta f = 2\pi. \quad (6)$$

여기로부터 반사파의 시간지연 Δt 와 대역폭사이에는 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$\Delta f = \frac{1}{\Delta t} \quad (7)$$

따라서 중심주파수를 f_0 이라고 하면 주파수대역은 $f_0 - 1/(2\Delta t)$ 부터 $f_0 + 1/(2\Delta t)$ 까지이다.

다음 매 방위각에서 직접파에 해당하는 복소진폭을 결정하는것이 중요한데 이를 위해 다음의 사실들을 리용한다.

① 직접파의 전파경로가 매 방위각에서 일정하다면 전파시간을 방위각 $\Phi_0 = 0^\circ$ 에서 쉽게 구할수 있다. 이 방위각에서 직접파의 진폭은 나머지반사파의 진폭보다 반드시 크다.

② 일단 $\Phi_0 = 0^\circ$ 에서의 직접파향이 결정되면 전파시간을 이것과 비교하는 방법으로 다른 방위각에서의 직접파향을 결정할수 있다.

이러한 사실들로부터 다음과 같이 측정을 진행할수 있다.

먼저 주파수를 변화시키면서 방위각 $\Phi_0 = 0^\circ$ 에서 주파수에 따르는 $H(f_k)(k=1, N)$ 를 측정한다.

다음 수학적계산을 하여 $K_{i,0}$ 과 $S_{i,0}$ 을 구한다. 이때 얻어진 $K_{i,0}$ 중에서 제일 큰 값을 직접파의 진폭으로 취하고 $S_{1,0}$ 을 직접파에 해당하는 값으로 취한다.

다음 측정하려는 안테나의 방위각을 변화시키면서 매 방위각에서 주파수에 따르는 $K_{i,m}, S_{i,m}$ 을 측정한다. 얻어진 $S_{i,m}$ 들중에서 $S_{i,m} = S_{1,0}$ 이 되는 $K_{i,m}$ 을 직접파에 해당하는 진폭으로 선택한다.

이런 방법으로 반사파의 영향을 제거한 직접파의 지향선도를 그릴수 있다.

그림 2에 안테나측정블록코드를 보여주

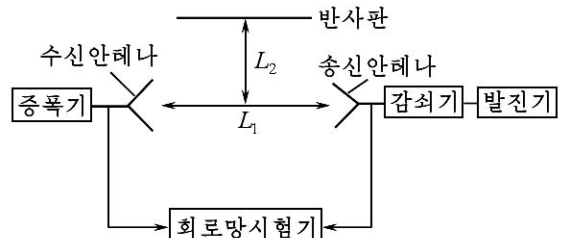


그림 2. 측정블록코드

었다.

그림 2에서 발진기의 주파수는 9.8GHz 이고 주파수는 조절할수 있다. 그리고 감쇠기는 주파수를 변화시킬 때 발진기출력의 변화로 인한 송신안테나복사출력이 일정하도록 하며 증폭기는 수신안테나로 수신된 신호를 일정한 크기로 증폭한다.

회로망시험기에 송신신호와 수신신호를 입력하여 상대적수신신호세기를 측정한다.

수신안테나는 방위각방향에서 360° 회전시킬수 있다.

측정을 위하여 금속반사판을 측면에 설치하였다.

안테나사이의 거리는 $L_1 = 5.14\text{m}$, 반사판의 위치는 $L_2 = 2\text{m}$, 반사판의 길이는 $L = 1.78\text{m}$ 로 설정하고 측정을 진행하였다.

이때 직접파와 반사파의 경로차는 대략 $\Delta l = 1.37\text{m}$ 로서 $\Delta t = 4.58\text{ns}$ 정도이다.

여기로부터 측정 주파수대역폭은 식 (7)로부터 $\Delta f = 1/\Delta t \approx 200\text{MHz}$ 이며 측정은 9.7GHz로부터 9.9GHz 구간에서 진행한다.

주파수구간을 10등분($N=10$)하였으며 주파수분할구간은 20MHz로 하였다. 즉 측정점은 $f_i (i=1, 2, \dots, 10) = 9.70, 9.72, \dots, 9.90\text{GHz}$ 이다.

한편 전파경로의 수는 $M=3$ 으로 설정하였다.

송수신안테나는 지향선도를 이미 알고있는 각추형안테나를 리용하였다.

반사파의 영향을 제거하는 방법에 따라 측정결과를 처리하여 다음과 같은 지향선도를 구하였다.(그림 3)

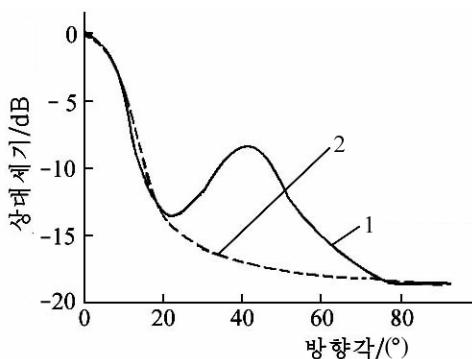


그림 3. 안테나의 지향선도
1-반사영향을 제거하지 않은것,
2-반사영향을 제거한것

그림 3에서 보는것처럼 반사영향을 제거하지 않았을 때 30° 로부터 50° 까지의 구간에서 상대세기 값이 증가하였다. 이것은 반사파에 의한 영향으로서 지향선도측정에 큰 오차를 준다.

한편 반사파의 영향을 제거하는 방법을 적용하였을 때 반사파에 의한 영향은 없어지며 지향선도의 모양은 이상적인 지향선도에 접근한다.

측정결과에는 이밖에도 외부잡음, 안테나가 회전할 때 행로차의 변화, 주파수를 변화시킬 때 출력변화 및 초기위상변화, 지물개수의 설정, 안테나의 대역폭 등이 영향을 주며 이것들은 모두 측정오차로 나타난다.

맺 는 말

각종 지물에 의한 반사의 영향을 제거하여 안테나지향성측정의 정확성을 높이는 방도를 제기하고 측정방법론을 확립하였다.

이 방법으로 얻은 지향선도와 전파암실에서 얻은 지향선도를 비교하여 제기된 방법의 정확성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 서상욱; 초고주파전자학, 김일성종합대학출판사, 87~105, 주체96(2007).
- [2] Карл Ротхаммель; Антенна 1, Радиотехника, 13~18, 2007.
- [3] П. А. Бакулев; Радиолокационные системы, Радиотехника, 8~10, 2005.
- [4] R. Chair et al.; IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 7, 9, 2495, 2006.

주체104(2015)년 12월 5일 원고접수

A Method to Estimate the Radiation Pattern of Antenna removed Echoes from Nearby Objects

Jong Won Chol, Ri Yong Myong

We proposed a method to estimate radiation pattern of antenna removed echoes from nearby objects.

We confirmed precision of proposed method by comparing the pattern measured in an anechoic chamber.

Key words: anechoic chamber, antenna measurement, antenna radiation pattern