

원통주사법을 이용한 저비용 근역장 시스템 설계 Design of low-cost near-field system using circular cylindrical scanning

류홍균, 송진우, 임영훈, 조용희
목원대학교 정보통신전파공학부

Ryu Hong-Kyun, Song Jin-Woo,
Im Young-Hoon and Cho Yong-Heui
Division of Information Communication and
Radio Engineering, Mokwon University

요약

안테나의 특성 중 지향성(Directivity)과 관계 있는 방사 패턴을 측정하기 위한 저가의 근역장 측정 시스템을 설계한다. 근역장 측정방법은 평면주사법에 기반을 둔 개선된 원통형 주사법 공식을 이용한다. 고가의 측정 장비인 네트워크 분석기를 대체하기 위한 방법을 제시하고 필요한 장치 규격을 제안한다.

Abstract

In this paper, we propose a low-cost near-field measurement system using a circular cylindrical scanning formula in order to obtain the radiation pattern of an AUT (Antenna Under Test). Near-field measurement is performed with the improved circular cylindrical scanning based on a planar scanning. We propose a novel method that replaces a network analyzer and we also offer the specifications of the near-field measurement system.

I. 서론

무선통신용 안테나 복사(radiation) 특성을 측정하기 위하여 사용되는 방법은 크게 원역장(far-field measurement)과 근역장 측정(near-field measurement) [1,2]으로 나눈다.

원역장 측정법은 큰 공간과 초기 설치 및 유지비용이 큰 단점 있다. 전파무반향실에서 측정[2]을 할 경우 정밀한 측정이 가능하다.

근역장 측정방법[2, 3]은 근역장의 등가전류를 구한 후 푸리에 변환(Fourier transform)을 취하여 등가 원역장을 구하는 방법이다. 안테나 복사 특성 측정시 원역장 측정방법에 비해 설치비용이 적고 큰 공

간을 필요로 하지 않기 때문에 공간 효율이 크다. 근역장 측정 방법에서 가장 많이 사용되는 방법은 도파관 탐침을 구동하는 기계구조가 간단한 평면주사법(planar scanning)이다. 이 방법은 측정하는 격자 개수가 많고 후방복사(back radiation)를 동시에 측정할 수 없다. 또한 안테나의 이득이 낮은 경우 측정의 정밀도가 떨어진다.

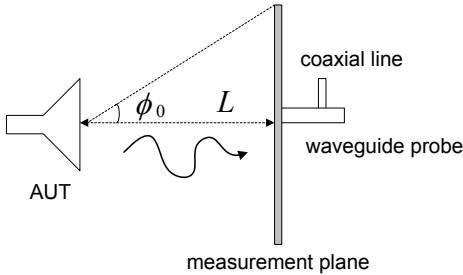
이에 비해 원통주사법은 측정해야 하는 격자 개수가 평면주사법에 비해 상대적으로 적고, 후방복사도 측정이 가능하다. 탐침을 구동하는 기계구조도 평면주사법과 비슷하게 단순하다. 또한 안테나 이득에 관계없이 대부분의 안테나 근역장을 측정할 수 있다.

원통주사법은 안테나 복사 특성 측정에서 평면주사

법보다 여러 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 평면주사법 기반 개선된 원통주사법 공식을 이용하여 시스템을 설계한다. 따라서 개선된 원통 주사법 공식에 대해 알아보고 도파관 탐침을 구동할 기계구조와 시스템을 구성하는 장치에 대해 알아본다. 네트워크 분석기를 사용하지 않고 저가의 근역장 시스템을 구성하기 위한 방법을 제안한다.

II. 원통주사법 (circular cylindrical scanning)



▶▶ 그림 1. 안테나 근역장 측정 방법

그림 1은 안테나 근역장 측정을 위한 장비 설정을 나타낸다. 대부분의 근역장(near field) 측정 장비는 평면주사법에 기반을 두고 있다. 평면주사법은 간단한 기계구조를 가지고 있다. 하지만 측정해야하는 격자(mesh)가 많고 동시에 안테나의 후방복사(back radiation)를 측정할 수 없다. 안테나 이득(gain)이 낮은 경우 측정해야하는 평면이 넓어진다.

원통주사법은 계산에 필요한 격자 개수가 적다. 왜냐하면 평면주사법은 2차원 평면을 탐사해야 하지만, 원통주사법은 방위각(ϕ) 방향으로 유한한 상태에서 z 축을 탐사하기 때문이다.

원통주사법에서 도파관 탐침이 측정하는 전기장은 그림 2에 보인 것처럼

$$E_{mn} = E(m\Delta\phi, n\Delta z) \tag{1}$$

여기서 $m=0, 1, \dots, M_\phi$ 이고 $n=-M_z, -M_z + 1, \dots, M_z$ 그림 2에 있는 점선(...▶)은 도파관 탐침의 측정 경로를 나타낸다. 표본화 정리에 의하면 측정할 최소 격자 간격[2]은

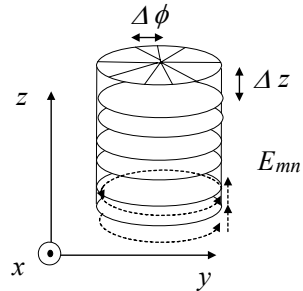
$$\Delta\phi \leq \lambda_0 / (2L) \tag{2}$$

$$\Delta z \leq \lambda_0 / 2 \tag{3}$$

원통주사법에 필요한 격자 개수는

$$N = (2M_z + 1)(M_\phi + 1) \approx \frac{4\pi L \tan \phi_0}{\Delta z \Delta \phi} \tag{4}$$

미소 쌍극자 안테나(Hertzian dipole antenna)에 근역장 측정법을 적용한다. 이상적인 탐침은 z 방



▶▶ 그림 2. 원통주사법의 격자 구조

향 편파만을 선택한다. 원통주사법에 대한 등가 자기 전류는

$$\begin{aligned} \vec{M}(r) &= -\hat{r} \times E_z \hat{z} = E_z \hat{\phi} \\ &= (E_r \cos\theta - E_\theta \sin\theta) \hat{\phi} \end{aligned} \tag{5}$$

(5)를 이산화된 좌표계 $(\phi, z) = (m\Delta\phi, n\Delta z)$ 에

적용하기 위하여

$$r_{mn} = \sqrt{L^2 + (n\Delta z)^2} \quad (6)$$

$$\sin \theta_{mn} = \frac{L}{\sqrt{L^2 + (n\Delta z)^2}} \quad (7)$$

로 설정한다. (6)과 (7)을 (5)에 대입하여 이산화하면

$$M_{mn} = E_r \cos \theta - E_\theta \sin \theta \Big|_{r=r_{mn}, \theta=\theta_{mn}} \quad (8)$$

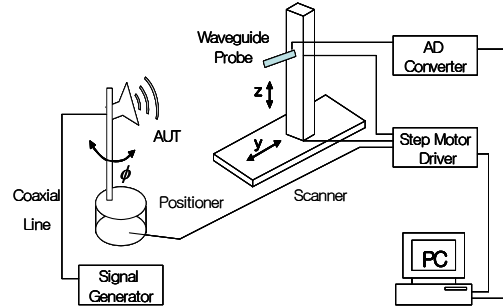
(8)의 이산화된 등가 자기 전류를 푸리에 변환 공식에 대입하여[1] 원통주사법에 대한 전기 벡터 퍼텐셜을 직각좌표계에 기반을 두어 구하면

$$\begin{aligned} \bar{F}(r) &= -\epsilon_0 \frac{e^{-jk_0 r}}{2\pi r} L\Delta\phi\Delta z \hat{\phi} \\ &\times \sum_{m=0}^{M_\phi} e^{j\sin\theta(\cos\phi\Delta x + \sin\phi\Delta y)k_0} \\ &\sum_{n=-M_z}^{M_z} e^{j\cos\theta nk_0\Delta z} M_{mn} \quad (9) \\ &= -\epsilon_0 \frac{e^{-jk_0 r}}{2\pi r} L\Delta\phi\Delta z \hat{\phi} \\ &\times \sum_{m=0}^{M_\phi} e^{j\sin\theta\cos(\phi - m\Delta\phi)k_0 L} \\ &\sum_{n=-M_z}^{M_z} e^{j\cos\theta nk_0\Delta z} M_{mn} \end{aligned}$$

여기서 $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. (9)를 계산할 때는 등가 원리의 한계에 의하여 $\cos(\phi - m\Delta\phi) \geq 0$ 인 영역만 계산해야 한다. 이런 제한 조건은 물리광학(physical optics)의 근사वाद도 일치한다. 하지만, 음영 지역(shadow region)의 존재로 인해 측정해야 하는 격자의 개수는 줄어든다. (9)를 이용하여 원역장에서 전기장을 구하면

$$E_\theta = -j\eta_0\omega F_\phi \quad (10)$$

III. 근역장 시스템 구조



▶▶ 그림 3. 근역장 시스템 구조도

그림 3은 설계할 근역장 시스템의 구조도이다. 시스템은 스캐너(Scanner), 포지셔너(Positioner), 신호 발생기, AD 컨버터, 스텝 모터 드라이버, 모션 콘트롤러, PC로 구성된다. 네트워크 분석기는 사용되지 않는다.

AUT(Antenna Under Test)는 측정할 안테나를 나타낸다. 스캐너는 도파관 탐침을 구동시킬 장치를 나타내며 포지셔너는 AUT를 측정을 위해 방위각 방향으로 동작 시킬 장치이다.

근역장에서 등가 전류를 구해 원역장으로 변환하기 위해서는 측정안테나의 위상과 진폭 정보가 필요하다[4]. 위상과 진폭을 측정하기 위해서는 네트워크 분석기가 필요하다. 안테나의 사용주파수가 높아짐에 따라 위상을 측정하기 위해서는 도파관 탐침 구동이 정확해야 한다. 따라서 측정 기계장치의 정확성을 높이기 위해 기계구조가 복잡해진다[4]. 결과적으로 시스템의 가격도 높아진다. 이러한 단점을 보완하기 위해 AUT의 진폭 정보만을 이용하여 측정하는 알고리즘이 개발되었다[4-6]. 진폭만을 측정할 수 있는 장치만을 이용하면 고가의 네트워크 분석기를 사용하지 않고 측정 시스템을 구성할 수 있다. 따라서 본 시스템에서는 고가의 네트워크 분석기를 사용하지 않는다. 진폭만을 측정할 수 있는 장비를 이용한다.

근역장의 등가 전류를 얻기 위해서는 도파관 탐침을 구동시킬 스캐너는 z축으로 움직이며, AUT를 구

동시키는 포지션어는 방위각 방향으로 움직인다. 부가적으로 스캐너는 y 축으로도 움직인다. 스캐너와 포지션어는 스텝모터를 이용하여 구동한다. 스캐너는 z 와 y 축으로 직선 운동을 한다. 따라서 스텝모터의 회전운동을 직선운동으로 바꾸기 위해서 랙(Rack) 기어를 이용한다. 본 시스템에서 사용되는 스텝 모터의 개수는 3개이다.

스텝 모터는 공급하는 펄스신호의 주파수에 비례하여 정해진 각도를 회전하는 모터로 디지털로 제어하기 쉽고 정밀한 제어응용에 많이 사용되는 모터이다. 스텝 모터의 특징으로는 디지털 신호로 직접 오픈 루프 제어를 할 수 있고, 시스템 전체가 간단하며 기동, 정지, 정역회전 변속이 용이하다. 또한 각도 오차가 적고 오차가 누적되지 않아 신뢰성이 높으며 저가격이다[7]. 본 논문에서는 기어드(Geared) 스텝 모터를 이용한다. 기어드 스텝 모터는 스텝모터 안에 기어를 삽입하여 토크성능이 높고 각도가 일반 스텝 모터에 비해 정밀하다.

스텝 모터를 구동하기 위해서는 모터의 코일에 전류를 공급하기 위한 스텝 모터 드라이버가 필요하다. 모터 드라이버는 여자 순서를 결정하는 논리회로와 모터의 코일에 전류를 공급하는 전력제어회로로 구성된다[7]. 모터 드라이버는 모터의 종류에 따라서 결정되며 모터와 드라이버를 패키지 형태로 시중에 판매되고 있다. 따라서 시스템에 사용될 모터는 기어드 스텝 모터 드라이버를 이용한다.

모션 컨트롤러는 모터 드라이버에 펄스 신호화 방향 전환 신호등 여러 가지 제어신호를 이용하여 모터를 제어하는 장치이다. 본 시스템에서 사용될 모션 컨트롤러는 PC 기반 모션 컨트롤러이다. 컨트롤러는 PC의 PCI 슬롯에 장착되며 Analog Device 사의 20MHz DSP Processor를 장착하고 있다. 컴파일러로는 C/C++을 제공되고 라이브러리도 제공되어 모터 제어 프로그램을 개발하는데 쉽게 접근 할 수 있다[8].

AD 컨버터는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환

하는 장치로 도파관 탐침으로부터 얻어진 전류의 진폭을 디지털 신호로 변환하여 컴퓨터로 전달하는 역할을 한다.

신호 발생기는 측정할 안테나에 신호를 공급한다.

앞에서 시스템 구조와 장치 규격에 대해서 설명했다. 다음으로 측정 절차에 대해 설명하겠다. 처음으로 측정하고자 하는 안테나에 대한 파라미터 L , ϕ_0 , 주파수를 입력한다. 그런 다음 제한된 알고리즘에 의해 격자의 개수와 간격이 계산된다. 계산된 격자와 개수를 이용하여 스텝 모터가 작동될 범위가 정해져 모션 컨트롤러를 이용해 스캐너와 포지션어가 작동한다. 각 격자에서 따라 도파관 탐침은 측정안테나를 측정한다. 측정된 진폭정보는 AD 컨버터를 이용해서 디지털 신호로 바뀌 PC에 전송된다. PC에서는 근역장 원역장 변환 알고리즘[1]을 이용하여 안테나의 방사 패턴을 나타내게 한다.

IV. 결 론

평면주사법을 기반으로 한 개선된 원통 주사법을 이용하여 근역장 측정 시스템 구성을 제안해 보았다. 저가의 시스템을 구현하기위해 네트워크 분석기를 사용하지 않고 진폭을 측정 할 수 있는 장치를 사용한다. 시스템에 사용되는 장치에 대해서도 알아보았다. 본 논문을 바탕으로 저가의 측정 시스템을 제작할 것이다.

■ 참고문헌 ■

- [1] 류홍균, 조용희 "원통주사법을 이용한 안테나 근역장 측정 방법", 한국콘덴츠학회논문지, 제4권, 제2호, 29-35, 2004년, 6월.
- [2] A. D. Yaghjian, "An overview of near-field antenna measurements," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 34, no. 1, pp. 30 - 45, Jan. 1986.
- [3] IEEE Trans. Antennas Propagat. (Special Issue on Near-Field Scanning Tech.), vol. 36, no. 6, June 1988

- [4] M. D. Migliore, M.D., F. Soldovieri, and R. Pierri, "Far-field antenna pattern estimation from near-field data using a low-cost amplitude-only measurement setup," IEEE Trans. Instrumentation and Measurement, vol. 49, no. 1, pp.71-76, Feb. 2000.
- [5] Ovidio M. Bucci,, Giuseppe D'elia, Giovanni Leone and Rocco Pierri "Far-Field Pattern Determination from the Near-Field Amplitude on Two Surfaces," IEEE Trans. Antennas Propagat. vol. 38, no. 11, pp.1772-1779, Nov. 1990.
- [6] O.M. Bucci, G.D'Elia, G.Leone and R. Pierri, "Far-Field computation from amplitude near-field data on two surfaces : cylindrical case," IEE Proceedings-H, vol. 138 No. 2, pp.143-148, Apr, 1992.
- [7] 세운 편집부 "스테핑 모터의 활용 기술," 도서 출판 세운, 1998.
- [8] <http://www.soonhan.co.kr/products/product.html>