

2차원 전자파 산란에 따른 방사패턴의 추정

김태용* · 이훈재*

*동서대학교 컴퓨터정보공학부

Estimation of Far-field Radiation by 2-Dimensional EM Scattering

Tae Yong Kim* · Hoon-Jae Lee*

*Div. of Computer & Information Engineering, Dongseo University

E-mail : tykimw2k@gdsu.dongseo.ac.kr

요 약

물체 내부구조 및 매질 정수의 분포를 측정하기 위한 비파괴 기술은 지하자원의 탐사 지하 케이블 및 매설관의 식별, 의료 분야의 영상진단 등에서 폭넓게 적용될 수 있다. 본 연구에서는 임의의 산란체로부터의 방사패턴을 추정하기 위하여 역산란 문제의 적용을 통하여 제한된 측정점에서의 전체 분포를 구하고 근사적인 방사패턴을 추정하였다.

ABSTRACT

Non-destructive technique to measure internal structure and constant distribution of material can be widely used to exploration of mineral resources, identification of underground cables and buried pipelines, and diagnostic imaging in medical area. In this paper, we considered 2-dimensional EM scattering problem. Radiation pattern in far field is estimated by using some measured information obtained from near-field solutions.

키워드

비파괴 기술, 전자파 산란, 역산란, 방사패턴

I. 서 론

역문제(inverse problem)는 수학 및 과학 분야에서 모델 매개변수들의 값을 관측 자료를 통해서 획득하는 제반 문제를 말한다. 이러한 역문제의 응용으로서 물체의 내부 구조 및 매질 정수의 분포를 측정하기 위한 비파괴 기술을 들 수 있으며 주로 지하자원의 탐사, 지하 케이블 및 매설관의 식별, 의료 분야의 영상진단 등에서 폭넓게 활용되고 있다.

이와 같이 역문제[1-3]는 다양한 분야에서 연구되고 있지만, 역문제가 발생하는 근본적인 이유는 원하는 매개변수를 직접 관측하길 희망하지만 실제 관측을 통해 데이터를 얻기 힘든 경우가 종종 발생하기 때문이다.

모든 파동현상과 마찬가지로 전자파가 전파하는 과정에서 파원(소스)으로부터 충분히 떨어진

원방에서는 방사 현상으로 관측된다. 이러한 방사계(radiation field)는 통신 분야에서 매우 중요한 요소 중의 하나라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 파원에 해당되는 소스는 알 수 없고 방사계에서 측정된 데이터만을 가지고 소스 추정을 시도하고 이에 상응하는 방사패턴을 역으로 추정하고자 한다.

II. 역문제의 검토

방사계 추정을 위해서는 실제로 MoM(Method of Moments)법[4]이나 FDTD법[5,6] 등의 계산을 통하여 전류분포를 구하고 이를 통하여 방사계의 계산을 수행하여야 한다. 그러나 이와 같은 수치 해석 기법과 역문제를 결합시킬 경우에는 방대한 메모리와 많은 계산 시간이 요구되므로 본 연구

에서는 그림 1에서와 같이 다이폴 안테나들의 배열에 의한 산란(scattering) 문제로 국한시켰다. 입사파는 배열 안테나들이 나열된 면에 수직으로 입사되는 것으로 가정하였다. 그리고 배열 안테나들에 의한 산란 패턴은 다음 식을 통하여 모멘트법으로 해를 구하였다.

$$E_n = -I_n H_0^{(2)}(g\rho_n) e^{-jhz} \quad (1)$$

식 (1)에서 $H_0^{(2)}$ 함수는 0차 제2종 Hankel 함수이며, 다이폴 안테나들의 반경 a 는 $ka=0.05$ 의 조건을 두었다(여기서 k 는 파수). 계산에서는 다이폴 안테나 배열의 개수는 91개이고, 초기 입사파의 파형(식 (2) 참조)을 이용하여 모멘트법으로 계산을 하고, 비선형 Conjugate gradient법을 이용하여 입사파의 추정을 역문제에 적용하여 동정하였다.

$$E^i(x, y) = E_0 e^{-jk(x \sin\theta, \cos\phi_i + y \sin\theta, \sin\phi_i)} \quad (2)$$

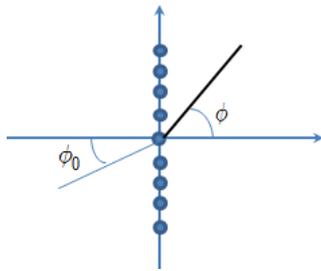


그림 1. 배열 안테나에 의한 방사계

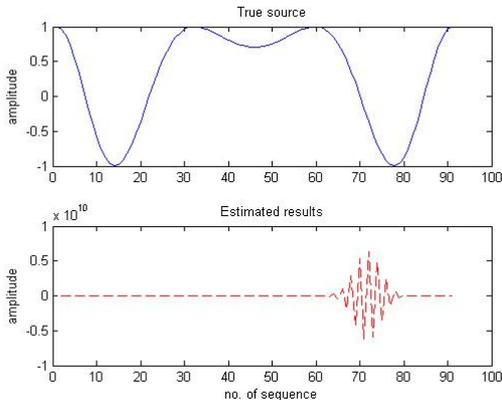


그림 2. 역문제에 의한 입사파 추정 결과

계산 결과는 그림 2에 나타내었다. 여기서 실제 입사파(true source)에 대해 역문제를 통한 추정된 패턴은 실제 모양과 많이 달라 보인다. 계산 과정에서 비선형 Conjugate gradient법의 해의 수렴속도를 결정하는 인자 α 에 관계없이 해의 수렴에 실패한 것으로 판단된다. 일단 계산 종료 후, 추정된 입사파를 근거로 산란패턴을 구하여 실제

산란 패턴과 비교한 결과를 그림 3에 나타내었다. 산란 패턴만 보면 포락선 검출만으로 볼 때는 적절한 추정이 된 것으로 보이지만 진폭에서 많은 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다.

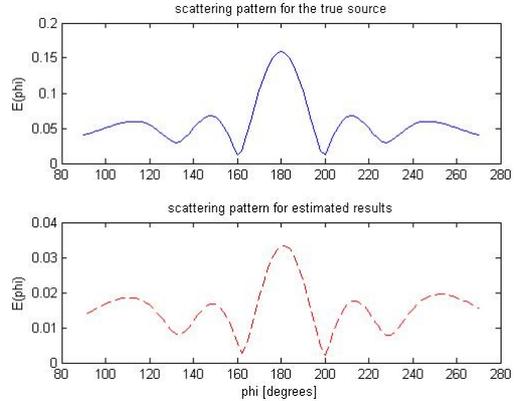


그림 3. 다이폴 안테나에 의한 방사계

III. 결 론

2차원 산란장에서 직선으로 나열된 다이폴 안테나들의 배열에 수직으로 입사하는 입사파를 역문제를 통하여 추정을 시도하였다. 그러나 해의 수렴 속도가 매우 느리고 추정 결과에서 볼 때 산란 패턴의 포락선 검출은 가능하지만 원 소스 추정을 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Musha Toshimitu and Okamoto Yosio, Inverse problem and its solving method(Japanese ed.), Ohm Press.
- [2] Hasegawa Satomi et al., Templates for the solution of linear systems: Building blocks for iterative methods(Japanese ed.), Asakura Press.
- [3] Fatih Yaman et al., "A survey on inverse problems for applied sciences", Mathematical problems in engineering, Vol. 2013, pp. 1-19, 2013.
- [4] Matthew N. O. Sadiku, Numerical techniques in electromagnetics (2nd ed.), CRC Press.
- [5] K. S. Kunz and R. J. Luebbers, The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics, CRC Press.
- [6] Allen Taflove, Susan C. Hagness, Computational Electromagnetics, Artech House(2000).