

SCN-TLM법을 이용한 스텝 불연속 마이크로스트립 라인 해석

*김대원, *신용조, *김윤석, **이상희
*상지영서대학, **동서울대학

Analysis of Step Discontinuity Microstrip Line Using SCN-TLM Method

*T. W. Kim, *Y. J. Shin, *Y. S. Kim, **S. H. Lee
*Sangji Youngseo College, **Dong Seoul College

Abstract

The SCN-TLM method presented in this paper is another independent approaches for obtaining frequency domain results for microstrip line. The structure analysed with this TLM algorithm is step discontinuity microstrip line and the symmetrical condensed node is used. After numerical analysis, the frequency dependent scattering parameters of a step discontinuity microstrip line have been calculated by Fourier transform of the time domain data. From the time domain TLM numerical results, this numerical analysis is shown to be an efficient method for modelling complicated structure as step discontinuity microstrip line.

I. 서론

최근에는 FDTD법^[1] 이나 TLM법^[2]과 같은 시간영역 해석법이 마이크로웨이브나 밀리미터웨이브 구조의 완전한 필드 특성을 설명하기 위한 매우 편리한 수치해석법으로 각광을 받고 있다. 이 중에서 P. B. Jones가 처음으로 제안한 대칭압축노드^[3] TLM법은 공간상의 동일 지점에서 전계와 자계를 나타낼 수 있고 유전체와 도체의 접속에 따른 두 매질 사이의 경계가 일치

할 뿐만 아니라 계산의 단순성을 제공하는 이점이 있다. 이것은 이전의 TLM법에서 사용되던 expanded 노드^[4], FDTD법, 공간회로망법보다 더욱 효율적인 요소를 갖고 있으며 또한 대부분의 수치해석법이 2차원적인 주파수 영역 해와 단순한 기하학적 구조를 갖는 적용에 제한을 갖게 되는데 반해 대칭압축노드를 갖는 3차원 TLM법을 적용하여 마이크로웨이브 전송선 구조를 해석하는 것은 복잡한 형태를 갖는 구조나 비균질 매질로 채워진 구조에도 쉽게 해석이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 기하학적 구조의 변형에 따른 적용성이 뛰어난 TLM법을 이용하여 스텝 불연속 마이크로스트립 라인의 전파 전송 특성을 해석한다.

II. SCN-TLM법의 산란 행렬 도출

수치해석 대상을 대칭압축노드를 이용하여 TLM 모델링하기 위해서는 우선 해석 영역 전체를 사각형 셀로 분할하며 각각의 셀은 TEM 전송선의 집합으로 표현된다. 이와 같은 대칭압축노드는 2개의 인접한 노드 사이의 중간지점에서 링크 라인에 입사되거나 반사되는 전압과 전류의 합과 차로써 표현된다. 즉 전송선 라인에 입사되는 12개의 임펄스는 12개의 반사되는 펄스로 산란되며 산란되거나 입사되는 임펄스는 번호가 부여된 각각의 포트에 나타나게 된다. 이와 같은 대칭압축노드로부터 산란되는 행렬을 정의하면 다음과 같다.

$$V^r = SV^i \quad (1)$$

또한 마이크로스트립 라인과 같이 구조내에 유전체나 마그네틱 매질, 손실 특성을 포함하는 경우, 대칭압축노드에 스텝 라인을 부가하여 매질의 특성을 나타낼 수 있으며 마이크로스트립 선로의 불연속에 따른 산란 파라미터를 구하는 과정은 입력 포트에서 입사와 반사에 따른 필드 값과 출력 포트에 전송된 필드 값을 필요로 하며 전체 필드 값으로부터 출력 쪽으로 전송된 필드 값을 제외하고 반사되어 되돌아온 필드를 계산함으로써 구해질 수 있다.

III. 수치해석 및 결과 고찰

그림 1에 나타난 마이크로스트립 선로를 대칭압축노드를 이용하여 $520\Delta x \times 140\Delta y \times 1600\Delta z$ 의 TLM 셀로 분할하였으며 각셀의 길이는 $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.04mm$ 이다. 전체 반복의 수는 3800회, 기판의 유전율은 $\epsilon_r = 3.6$, $h = 2mm$ 이다.

또한 그림 2와 그림 3은 마이크로스트립 라인의 폭을 각각 $W_1 = 1.0mm$, $W_2 = 1.8mm$, $W_3 = 3.0mm$ 로 고정시킨 상태에서 계산된 산란 파라미터 S_{11} 과 S_{21} 을 나타낸 그림이다.

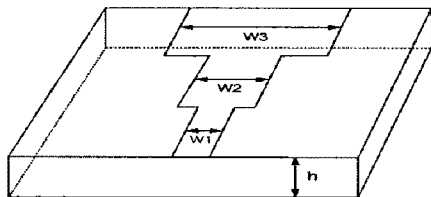


그림 1. 스텝 불연속 마이크로스트립 라인

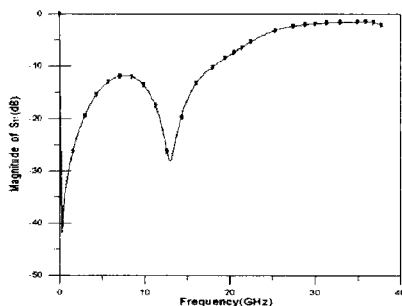


그림 2. 스텝 불연속 마이크로스트립 라인의 S_{11}

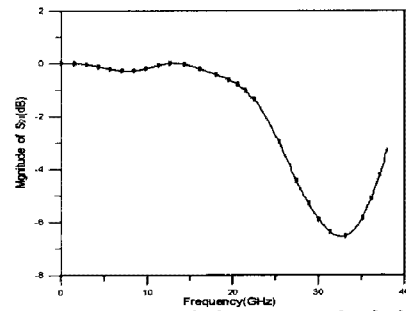


그림 3. 스텝 불연속 마이크로스트립 라인의 S_{21}

IV. 결론

본 논문에서는 기하학적 구조의 변형에 따른 수치해석 적용성이 용이한 SCN-TLM법을 이용하여 스텝 불연속 구조를 갖는 마이크로스트립 라인의 특성을 해석하였다. 대칭압축노드 TLM법은 해석이 난이한 구조를 갖는 마이크로웨이브 소자에 있어 손쉽게 해석할 수 있는 알고리즘을 제공하며 또한 구조의 물리적 변화에 따른 각각의 파라미터를 동일한 프로그램 상에서 쉽게 구할 수 있는 장점을 갖고 있다. 따라서 본 논문의 결과는 제조 이전에 마이크로웨이브 소자를 설계하고 특성을 관찰하는데 있어 보다 효율적으로 해석할 수 있는 이론적 근거가 될 것이다.

참고문헌

1. X. Zhang, J. Fang, K. K. Mei and Y. Liu, " Calculations of the Dispersive Characteristics of Microstrips by the Time Domain Finite Difference Method, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 36, pp. 263-267, Feb. 1988.
2. Zhizhang Chen, Michel M. Ney and Wolfgang J. R. Hofer, " A New Finite Difference Time domain formulation and Its Equivalence with the TLM Symmetrical Condensed Node, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 39, no. 12, pp. 2160-2169, Dec. 1991.
3. P. B. Johns, " A Symmetrical Condensed Node for the TLM Method," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 35, no. 4, pp. 370-377, April. 1987.
4. S. Akhtarzad and P. B. Johns, " Solution of Maxwell's Equations in Three Space Dimensions and Time by the T. L. M. Method of Numerical Analysis, " Proc. IEE, vol. 122, no. 12, pp. 1344-1348, Dec. 1975.