

능동 소자의 실장을 위한 새로운 DGS 구조와 4-port 등가 모델링 방법 연구

손창신[†], 박준석[†], 김형석[‡], 임재봉[‡]
 국민대학교 전자정보통신공학부[†], 중앙대학교 전자전기공학부[‡]

A study of modeling novel DGS 4-port equivalent circuit for mounting active device

Chang-Sin Son[†], Jun-Seok Park[†], Jae-Bong Lim[‡], and Hyeong-Seok Kim[‡]
 School of Electrical Engineering Kookmin University.[†], School of Electrical and Electronics Engineering Chung Ang University.[‡]

Abstract - This thesis complemented the weak points that the existing theses did not represented a phase characteristic as the equivalent circuit by applying 4-port simulation to DGS (Defected Ground Structure) characteristic and an equivalent circuit, which are the transmission line structure that has the defect made in the ground surface. We used a distribute device and a lumped device, obtained the equivalent circuit by applying the structure of balun to a discontinuous part. An indicated DGS (Defected Ground structure) is a dumbbells-shaped single defect, we indicated satisfying a magnitude and phase characteristics by applying this equivalent circuit.

9.2, H=0.671mm t=0.018mm를 갖는 기판을 사용하였고 DGS 셀의 각 파라미터는 a=5mm, b=3mm, g=0.5mm이다. 전송선로의 폭은 특성임피던스 50Ω인 0.67mm로 하였다.

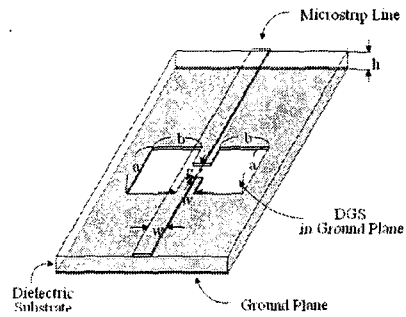


그림 1. DGS를 갖는 전송선로

1. 서 론

본 논문에서는 전송선로의 접지 면에 식각된 패턴을 갖는 DGS(Defected Ground Structure)에 대한 새로운 4-port 해석방법을 제시하였다. DGS는 접지 면에 식각된 디펙트를 주기적으로 배열한 구조를 갖는 PBG 구조와도 유사하다. 최근 DGS 구조를 이용하여 안테나의 이득 향상과 복사패턴 개선, 전력증폭기에서의 하모닉 제거 등 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 다양한 무선통신 부품들에 대한 DGS의 효과적인 활용을 위해서는 정확한 DGS 구조에 대한 모델링이 이루어져야 한다. 기존 논문에서는 DGS구조에 대한 모델링을 집중소자를 통해 이루어져 DGS 구조의 기본적인 차단주파수 특성 감쇠극의 위치, 손실 특성 등에 대해서는 어느 정도 일치 하였으나 위상 특성에 대해서는 한계를 나타내었다.

본 논문에서는 기존의 DGS 구조에 대한 위상 특성에 대한 한계를 개선하고자 노력하였다. 단지 하나의 디펙트를 갖는 구조를 해석하였으며 4-port 해석을 통해 각각의 분산소자의 값을 구하였고 또한 집중소자 값은 ADS최적화를 이용해 값을 추출하였다. Defected 된 구조에 의해 3부분으로 나누어 EM-simulation 한 후 값을 각각 계산하였고 ADS tool을 사용해 EM-simulation 값과의 비교하여 모델링의 타당성을 제시하였다.

2.1.1 DGS의 집중소자를 이용한 등가회로

전에 제시된 DGS 등가회로는 다음 model1, model2와 같이 집중소자로 이루어져 있다. 이 등가회로를 이용하여 magnitude 정보는 알 수 있지만 DGS의 backside에 관한정보 및 위상정보에 대해서는 알 수 없었다.

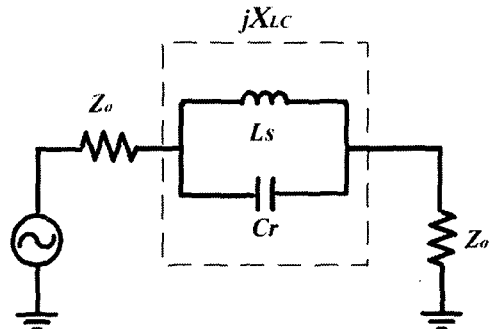


그림2.1 model1:집중 소자를 이용한 등가회로

2. 본 론

2.1 DGS를 갖는 전송선로

그림 1과 같이 전송선로의 접지 면에 식각된 패턴을 갖는 DGS를 해석하였다. 시뮬레이션은 유전율

$$C_r = \frac{w_c}{Z_0 g_1} \cdot \frac{1}{w_0^2 - w_c^2}$$

$$L_s = \frac{1}{w_0^2 \cdot C} \quad (\text{식1})$$

(식1에서 w_0 는 DGS의 등가 LC공진기의 공진 각주파수이다. w_c 는 정규화된 각 주파수이고 Z_0 는 입,출력단 종단 임피던스이며 g_1 은 버터워스 1단 프로토타입 소자 값이다.)

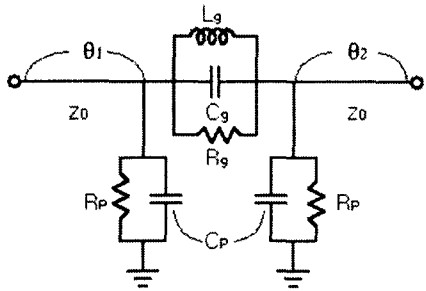


그림 2.2model2: fringing effect를 고려한 등가회로

그래서 위상정보를 같이 모델링하기 위해 발룬 구조를 이용하여 집중소자와 분산소자를 같이 사용하여 등가회로를 구성하였다. 발룬 구조는 그림 3과 같다.

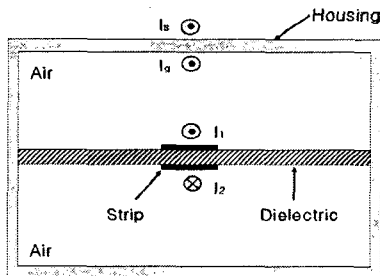


그림3.1 Shielded parallel strip balanced transmission line

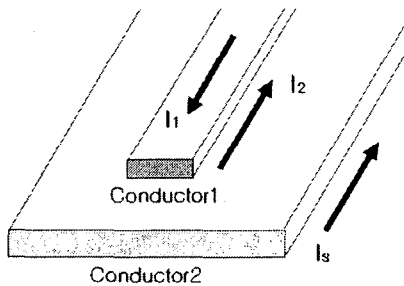


그림3.2 Unbalanced transmission line

그림 3.1과 3.2는 평형, 불평형 전송선로의 예를 각각 나타내는 그림이다. 그림 3.1에서 예시된 구조는

180° 위상차가 있으며 같은 준위를 갖는 두개의 평형 선로 컨덕턴스로 구성된다. 이 경우 접지차폐(ground shield)를 통해 어떠한 전류도 흐르지 않는다. 즉 $I_1 = I_2$ 이고 $I_s = I_g = 0$ 이다. 그림 3.2에서와 같이 이 조건이 만족되지 않을 때, I_s 가 유한한 곳에서 전송 선로는 불평형 선로로 종단이 된다. 평형과 불평형 선로 사이에 정합적인 천이(transition)가 첨가되면, 발룬은 RF 회로에서 push-pull 응용으로써 그림 3.3과 같이 center-tap 트랜스포머와 같은 기능을 한다.

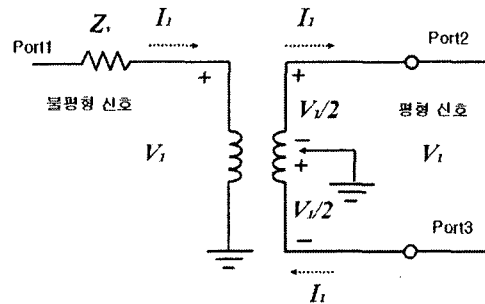


그림 3.3 Balanced and unbalanced Circuit

여기서 발룬이란 두개의 금속을 통하여 신호를 전달하는 전송선로(Transmission Line)에서, 두개의 금속에 함께 같은 magnitude로 진행되는 신호 (Balanced Signal)를 한쪽 금속선을 GND로 만들고 나머지 금속선에 신호정보를 몰아서 담는 (Unbalanced Signal로) 역할을 하는 것을 말한다.

2.1.2 DGS의 새로이 제시된 등가회로

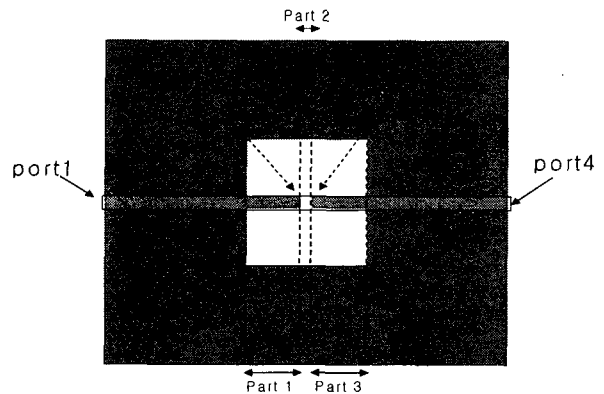


그림4 제안된 DGS의 단면도

dimension은 앞장에 표시된 바와 같다. 앞으로 등가회로에서 제시되는 포트의 위치는 그림4와 같이 설정된다. 또한 part 1과 part3는 대칭적인 구조로 서로 같으며 발룬 구조와 전송선로 이론을 통해 구해지며 part2는 집중 소자를 이용해 구성하도록 한다. 먼저 part 1, 3을 이미 나와 있는 값을 구해 간단한 계산을 통해 전기적 길이를 계산 고정 한 후 part2의 불연속적인 부분에 대한 집중 소자 값을

최적화 하는 방법이 사용될 것이다.
다음은 part1&3의 등가회로이다.

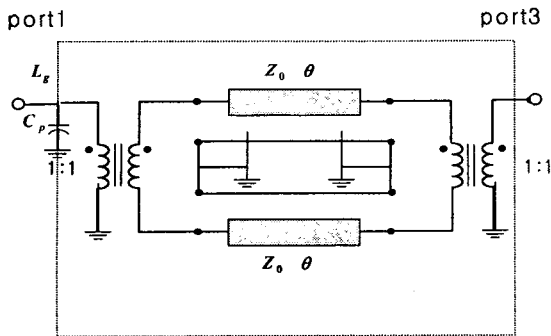


그림5 part1&3의 등가회로

그림 5의 DGS 기본 구조를 세로로 잘라낸 후 입력 포트에 신호를 인가하여 전자장 시뮬레이션을 통해 관내 파장 λ_{total} 을 구한 다음 실제의 길이에 해당하는 길이와의 관계를 이용하여 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$360^\circ : \lambda = E_0 : l$$

$$Z_0 = 71.56\Omega \quad E_1 = 18.92^\circ \quad (\text{식2})$$

시뮬레이션 결과 3GHz에서 평형선로의 파장 λ 가 구해져서, DGS의 기본 구조의 평형 선로의 길이 3mm에 대하여 18.92° 의 전기적 위상각을 계산하였다. 마지막으로 DGS 기본 구조의 입·출력단의 불연속에 의해 생기는 영향은 직렬 인덕터 L_g 와 병렬 커패시터 C_p 값으로 구현하였다.

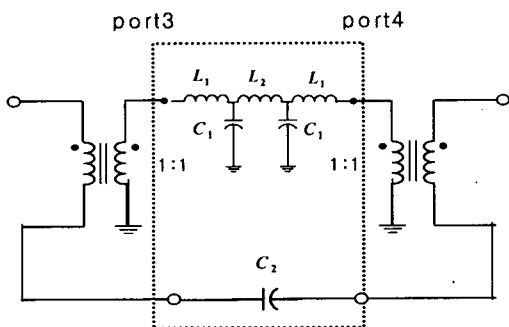


그림6 part2의 등가회로

파라미터 추출은 L_g 와 C_p 을 임의의 경계조건을 두어 몇 개의 적응형 주파수 표본(adapted frequency sampling)을 하여 그림 5의 DGS의 기본 구조의 전자장 시뮬레이션 결과 값과 등가회로의 시뮬레이션의 결과 값을 식3 과 같이 비교해 가면서 경계 조건의 오차를 줄여가는 방법으로 추출하였다. 파라미터의

추출을 위하여 상용 CAD 툴을 이용하여 전자장 시뮬레이션 결과와 등가회로 시뮬레이션 결과의 커브 피팅(curve fitting)을 통해 최적화 값을 추출한다. 추출된 값은 다음 표1과 같다.

$$S_{12_ratio} = S_{meas}(1,2) / S_{model}(1,2)$$

$$S_{21_ratio} = S_{meas}(2,1) / S_{model}(2,1)$$

$$S_{11_ratio} = S_{meas}(1,1) / S_{model}(1,1)$$

$$S_{22_ratio} = S_{meas}(2,2) / S_{model}(2,2) \quad (\text{식3})$$

item	optimum values @ 2.47GHz
L1	0.06nH
L2	0.17nH
C1	0.006pF
C2	0.31pF
C3	0.33pF

표1 최적화 방법에 의해 추출된 소자값

2.2 4-port 등가회로의 특성

그림 7-1,7-2는 EM 시뮬레이션 결과 값과 등가회로 시뮬레이션 결과 값을 magnitude와 위상으로 나누어 표 현한 값이다.

그림 7-1,7-2는 주파수 영역에서 본 결과 값이고 1GHz 에서 6GHz 까지를 시뮬레이션 했다.

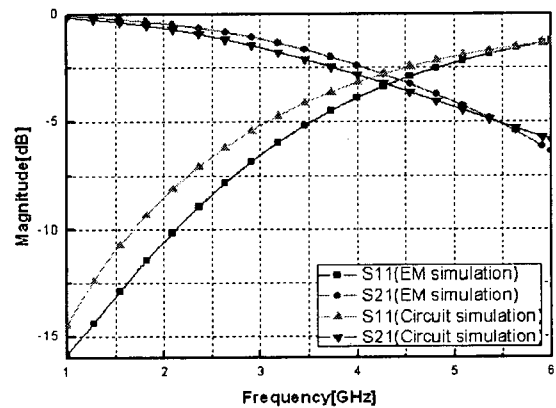


그림 7-1 magnitude 비교값

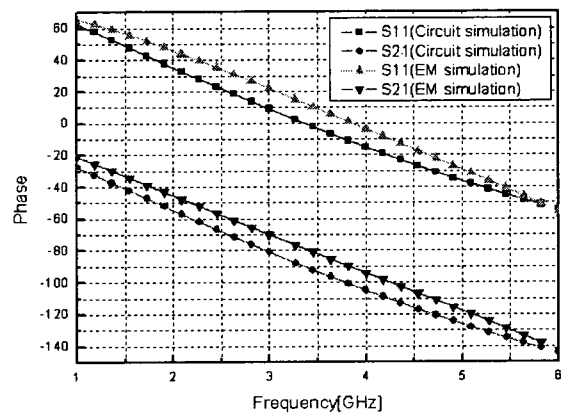


그림 7-2 phase 비교값

결과 값을 비교해 보았을 때 아래 표와 같이 magnitude는 최대 2dB 차이를 보였고 phase는 최대 13° 차이를 보였다.

$$S_{11}|EM - Circuit| = \Delta \max 2.017dB$$

$$S_{21}|EM - Circuit| = \Delta \max 0.557dB$$

$$S_{11}|EM - Circuit| = \Delta \max 13.00^\circ$$

$$S_{21}|EM - Circuit| = \Delta \max 11.02^\circ$$

3. 결 론

본 논문에서는 접지 면이 식각된 단일 패턴을 갖는 DGS(defected ground structure)의 새로운 등가회로를 소개하였고 또한 4-port 시뮬레이션을 통해 위상 특성까지 모델링에 의해 알아낼 수 있었다. DGS의 분산소자 값을 EM 시뮬레이션을 통해 계산하였고 분산소자 값을 고정해 놓은 상태에서 집중소자 값을 최적화에 의해 알아내었다.

위상특성까지 시뮬레이션을 통해 확인함으로써 오실레이터, 믹서, 스위치, 위상변환기, 능동 수동 SMD(surface mounted device, 표면실장부품) 에 널리 응용될 수 있으리라 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] David M. Pozar, "Microwave Engineering", New York:Wiley, second edition, 1988
- [2] Terry Edwards, "Foundations for Microstrip Circuit Design", second edition, pp 275-277 2001
- [3] Ian Timmins and Ke-Li Wu, "An Efficient Systematic Approach to Model Extraction for Passive Microwave Circuits," IEEE Transactions on Microwave Theory Tech. vol. 48, pp. 1565-1573, Sept. 2000.
- [4] Y. Qian, F. R. Yang and T. Itoh, "characteristics of microstrip lines on a uniplannar compact PBG ground plane," APMC'98 Dig pp.589-592, Dec, 1998
- [5] 김철수, 성정현, 김준범, 김상혁, 김호섭, 박준석, 안달 "Defected Ground Structure를 갖는 전송선로의 특성과 집중소자에 의한 특성", 한국전자과학회논문집, 제11권 2000