

전자기해석 데이터를 이용한 회로망분석기 데이터 De-embedding 방법 연구

²차혜성, ¹김지원, ¹김민성, ²안순홍, ¹장유나, ¹안달,

¹순천향대학교, ²(주)SAWNICS

cmj5321@naver.com

A study of De-embedding Method for VNA Using The EM Simulation Data

Hye Seong Cha, Ji Won Kim, Min Seong Kim, Soon Hong Ahn, You Na Jang, Dal Ahn

Soonchunhyang Univ., SAWNICS

요약

본 논문에서는 기존 De-embedding 방식에서 요구되는 VNA architecture 없이 EM 시뮬레이션을 통해 de-embedding을 진행한다. DUT의 텍스처 부분을 ANSYS사의 HFSS를 이용하여 3D 모델링 후 실제 측정된 PCB 데이터를 토대로 parameter 값을 변경하여 시뮬레이션 결과를 측정데이터와 유사하도록 만든다. 1:1 Component를 사용하여 De-embedding 회로를 구성하고 EM 시뮬레이션 결과를 가지고 De-embedding이 가능한지 확인한다. 이후 VNA에 EM 시뮬레이션 결과 .S2P 파일을 이용하여 de-embedding 결과를 확인한다. 본 논문에서는 500Mhz ~ 2Ghz 범위로 설정한 texture의 input/output에서 de-embedding 결과 위상차가 ± 1 도로 나타나는 것을 확인했다.

I. 서론

De-embedding은 DUT만의 특성을 추출하는 방법을 말한다. 기존의 De-embedding 방식은 별도의 VNA(Vector Network Analyzers) Architecture가 필요하다^{[1][4]}. 하지만 PCB의 형태에 따라 이러한 Architecture들을 따로 제작하기에 어려운 상황이 있을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 별도의 Architecture를 제작하지 않고 EM 시뮬레이션을 이용하여 3D 모델링을 하고 parameters 값을 변경하여 실제 측정 결과와 유사하게 만든 뒤, EM 시뮬레이션 결과를 VNA에 적용하여 De-embedding하는 방식을 소개한다.

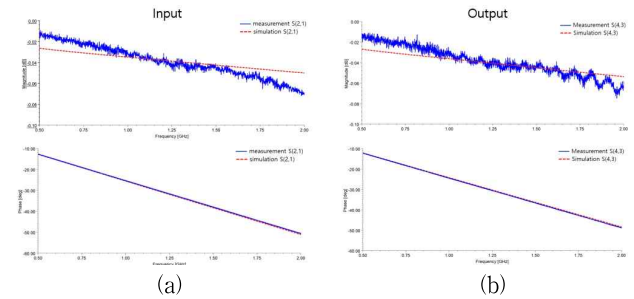


그림 2. 실제 PCB결과와 EM simulation 결과비교

(a) Input (b) Output Magnitude와 Phase

II. PCB Fitting

별도의 Architecture 없이 De-embedding을 하기 위해 실제 사용되는 PCB의 규격을 토대로 EM 시뮬레이션을 진행한다. 실제 제작된 PCB에 in/output line 결과와 EM 시뮬레이션의 결과를 유전체 Rogers4350의 유전율, 두께, Tan D를 변경하면서 맞춰준다. 본 논문에서 변경한 값은 표 2에 제시하였다. 실제 PCB 측정 데이터와 시뮬레이션의 비교 결과는 그림 2에 나타내었다.

III. SMA 커넥터 모델링

실제 PCB를 VNA에서 측정하기 위해서 SMA 커넥터를 이용하게 되는데, 정밀한 De-embedding을 하기 위해 SMA 커넥터에 대한 영향도 고려해야 한다^[5]. PCB Fitting과 같은 방법으로 실제 사용하게되는 SMA 커넥터에 대한 외각 규격과 시뮬레이션 Tool에서 제공하는 SMA 커넥터에 대한 물성과 유전체를 기반으로 하여 모델링 하였다.

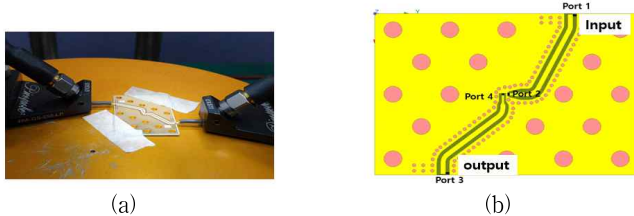


그림 1.(a) 실제 GSG프로브를 이용하여 측정 (b) 3D modeling을 통한 측정

표 1. Rogers 변화 파라미터

| Rogers 4350 | 전 | 후 |
|-------------|-------|------|
| 유전율 | 3.66 | 3.25 |
| 두께 | 0.25 | 0.35 |
| TanD | 0.004 | 0.00 |

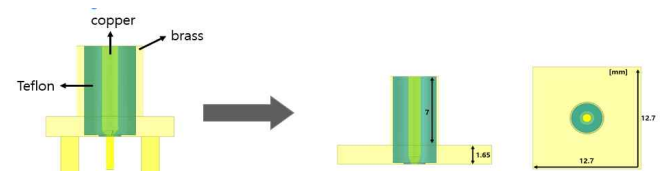


그림 3. HFSS에서 제공된 컴포넌트를 기반으로 SMA 커넥터를 새로 모델링

VI. De-embedding Simulation

VNA에서 De-embedding을 적용하기 전에 먼저 시뮬레이션을 통해 결과를 확인한다. 그림 4에 표현되어있는 1:1 transformer 회로를 이용하면 입력전압과 전류가 출력단에서 그대로 출력이 되는 것을 확인할 수 있다^{[2][3]}. 따라서 그림4의 1:1 회로를 이용하면 De-embedding의 시뮬레이션 결과를 확인할 수 있다.

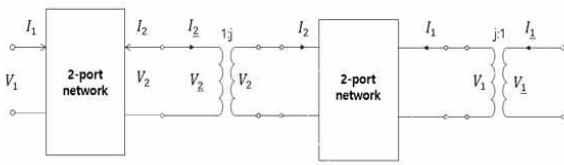


그림 4. 1:j de-embedding

ANSYS Circuit에서 제공하는 ‘Negative Impedance Converter’ 컴포넌트는 k_1 과 k_2 의 값을 이용하여 입출력에 대한 비를 조절한다. NIC의 특성을 이용하면 1:j transformer로 사용이 가능하다. 이를 이용한 De-embedding 시뮬레이션 회로는 그림 5와 같다.

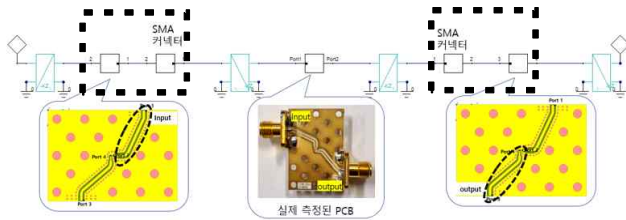


그림 5. De-embedding 회로

SMA 커넥터의 경우 커넥터의 특성만을 측정하기 어려워 측정 데이터가 없다. 그래서 EM 시뮬레이션의 결과를 그대로 그림5의 회로에 적용한 후 De-embedding 시뮬레이션의 결과를 통해 SMA 커넥터에 대한 물성값을 변경하여 다시 확인하는 방법으로 최적의 값을 찾아낸다. 최종적으로 본 연구에서 사용한 SMA 커넥터에 대한 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. SMA 커넥터 변경 파라미터

| Teflon | 전 | 후 |
|--------|-------|-------|
| 유전율 | 2.1 | 2.5 |
| Tan D | 0.001 | 0.002 |
| Tan M | 0 | 0.015 |

실제 PCB의 전송선로종단은 open이기 때문에 smithchart의 결과가 0도에 가까울수록 De-embedding이 잘 되었다고 판단하며, 이때 de-embedding 회로에 대한 시뮬레이션의 결과는 그림 6과 같다.

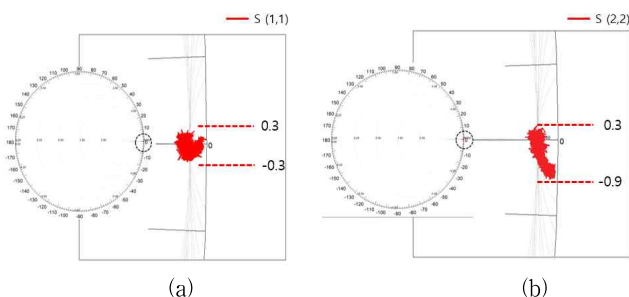


그림 8 smith chart비교 (a) input (b) output

de-embedding 시뮬레이션을 결과 1도 이내에서 de-embedding이 잘 진행된 것을 확인하였다.

VI. VNA에서 De-embedding

VNA에서 De-embedding을 기능을 이용하기 위해선 2port에 대한 데이터가 필요하다. 이때 2port에 대한 데이터로써 그림5의 점선으로 표현된 부분의 2port 데이터를 추출하여 이용한다.

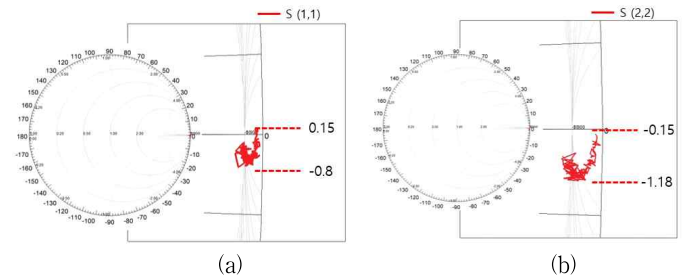


그림 9 smith chart비교 (a) input (b) output

VNA에서 de-embedding 진행 결과, input은 $-0.8 \sim 0.15$, output은 $-1.18 \sim -0.15$ 도로 1도 안팎으로 de-embedding이 잘 진행된 것을 확인하였다.

VII. 결론

본 논문에서는 보정 Architecture없이 EM 시뮬레이션을 통해 De-embedding을 확인하고 VNA에서 De-embedding을 진행하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 (주)쏘닉스의 순수 산업체 과제로 진행된 결과임

참 고 문 헌

- [1] David M. Pozar, "Microwave Engineering", 2nd Ed, Jone Wiley & Sons, pp.229-233,1998.
- [2] D. Ahn, J. Lim, K. Choi and S. -M. Han, "A new de-embedding technique for arbitrary N-port networks using ideal 1:j transformers," *2016 IEEE Electrical Design of Advanced Packaging and Systems (EDAPS)*, 2016, pp. 131-133.
- [3] S. -M. Han, S. -J. Lee, K. Kim, J. Lim and D. Ahn, "Design Considerations for Complicated Antenna Systems on a Simple De-Embedding Method," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 1031-1034, 2014.
- [4] M. H. Cho G. W. Huang C. S. Chiu K. M. Chen A. S. Peng and Y. M. Teng "A Cascade Open-Short-Thru (COST) de-embedding method for microwave on-wafer characterization and automatic measurement" *IEICE Trans. Electron.* vol. E88-C no. 5 May 2005.
- [5] M. Magerl, T. Mandic and A. Baric, "Broadband characterization of SMA connectors by measurements," *2014 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 2014, pp. 104-109