

4포트 마이크로스트립 인터넥트 회로 파라미터 추출에 대한 연구

심민규, 황보훈, 김종민, 나완수, 설병수*, 이종성*, 이형석*
 성균관대학교 정보통신공학부, 삼성전자*

Equivalent Circuit Parameter Extraction of four-port Microstrip Interconnects using Optimization

Minkyu Shim, Hoon Hwangbo, Jongmin Kim, Wansoo Nah, Byungsoo Seol*, Jongsung Lee*, Hyungsuk Lee*
 School of Information and Communication Engineering Sungkyunkwan University, Samsung Electronics*

Abstract - 본 논문에서는 4포트 마이크로스트립 인터넥트에 대한 새로운 등가모델을 제시하였다. 제시된 방법에서는 마이크로스트립 인터넥트 중 선로의 방향이 변하는 부분에서 등가회로 파라미터인 커패시터 성분을 모델화하여 최적화 과정을 통해 그 값을 추출하였고, 시뮬레이션 결과와 측정치를 비교함으로써 등가회로모델의 유효성을 확인하였다.

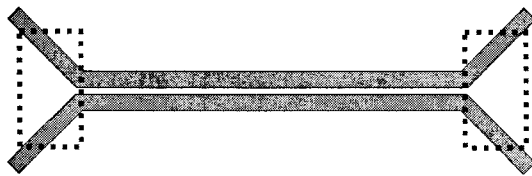
1. 서 론

등가회로 모델링은 DUT(Device Under Test)의 고주파특성을 분석이 용이한 전기회로 모델로 변환하기 위해 많이 사용되고 있으며, 특히 패키징 관련 내부회로나 인터넥션을 분석하는데 많이 사용되고 있다. 등가회로 모델링 과정은 우선 적합한 회로모델을 정하고, 그 다음 회로모델에 맞는 각각의 파라미터 값을 결정하는 것으로 이루어진다. 파라미터 값을 결정하는 것에는 S, Y, Z 파라미터를 이용한 수식으로 L, C값을 도출하거나, S parameter와 TDR의 상호측정으로 파라미터를 구하거나, 그밖에 전자기장 수식을 이용하여 주파수 종속적인 소자(L, C)의 값을 얻는 것 여러 가지 방법들이 있다. 본 논문에서는 등가회로 모델과 측정값을 이용한 최적화 시뮬레이션을 통해 등가회로 파라미터의 값을 추출하고자 하며, 특히 마이크로스트립라인 모델링시 선로의 방향이 변한 이후 부분에서의 적합한 등가회로 파라미터 추출과정과 추출된 파라미터 적용효과에 대해서 논의해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 4포트 마이크로스트립 인터넥트 구조

그림 1-1은 4포트 마이크로스트립 인터넥트의 구조를 나타내고 있다. 기본적으로 신호가 전달되는 두 개의 신호선이 있으며 이 두 개의 신호선의 끝에는 SMA(Surface Mount Array) 커넥터 단자가 연결 되어있다. 커넥터 단자의 구조는 그림 1-2에 나타내었다. 이 모델의 등가회로 구현중 관심을 갖고자 하는 부분은 마이크로스트립 인터넥트중 선로의 방향이 변하는 부분(점선으로 표시)에서의 파라미터 모델이다.



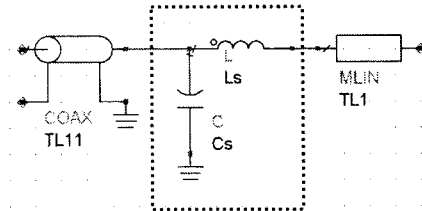
〈그림 1-1〉 4포트 마이크로스트립 인터넥트 구조



〈그림 1-2〉 커넥터 측면, 정면

2.1.1 커넥터 부분 등가회로 모델링

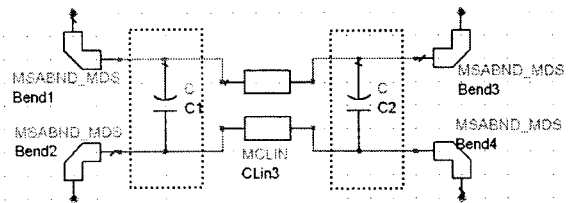
이 모델에 대한 등가회로 모델링은 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 처음은 그림 1-2 처럼 마이크로스트립과 외부 동축케이블을 연결해주는 커넥터 부분이고 다음은 그림 1-1 중 선로의 방향이 변하는 부분이고, 마지막 부분은 마이크로스트립 신호선이 일정한 간격으로 떨어져있는 부분, 이렇게 세 곳으로 나눌 수 있다. 이 중에서 먼저 커넥터 부분을 구성하면 그림 2-1과 같다.



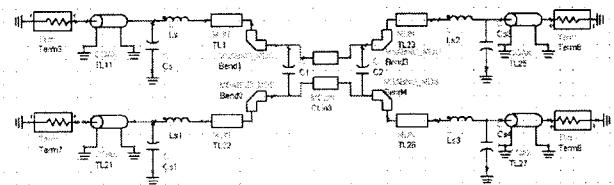
〈그림 2-1〉 커넥터 모델

2.1.2 마이크로스트립 등가회로 모델링

두 번째로 마이크로스트립 라인중 선로의 방향이 변하는 부분이 있다. 일반적인 경우 마이크로스트립 라인간 서로 멀리 떨어져있는 경우라면 커패시턴스 성분은 고려 대상이 아니다. 하지만 본 연구에서는 두 개의 라인이 점차로 멀어지는 이 부분에 상호 연관된 커패시턴스 성분을 예상하여 그림 2-2와 같이 구성하였다. 그리고 이 부분에서의 등가회로 모델 효과만을 추출하고 비교하기 위해서 등가회로 모델링 섹션 중 마이크로스트립 신호선간의 간격이 일정한 부분은 시뮬레이션 툴(HP ADS)에서 제공하는 Coupled Line 모델로 대체하였다. 등가회로를 구성한 커넥터 부분과 마이크로스트립 신호선에 파라미터를 추가한 부분, 그리고 등가회로가 아닌 시뮬레이션 툴에서 제공하는 라이브러리를 이용해서 마이크로스트립 라인 부분을 모두 종합하여 도시하면 아래 그림 2-3과 같다.



〈그림 2-2〉 마이크로스트립 등가회로 모델링 파라미터(C1, C2)



〈그림 2-3〉 등가회로 소자와 시뮬레이션 라이브러리를 이용한 전체회로도

2.3 파라미터 결정과 결과 값의 비교

위 과정에서 제시된 등가회로 모델은 최적화 과정을 통해서 모델별 파라미터 값들을 결정하게 된다. 최적화를 통한 파라미터 값의 결정에서 중요한 것은 적절한 초기 값과 수렴을 위한 파라미터 변수 값의 범위설정이다. 초기 값과 변수값 범위가 설정되면 시뮬레이션 툴을 이용하여 최적화 과정을

거쳐서 측정값에 근접한 파라미터 값들을 추출하고 비교할 수 있다.

2.3.1 최적화를 통한 파라미터 값 추출

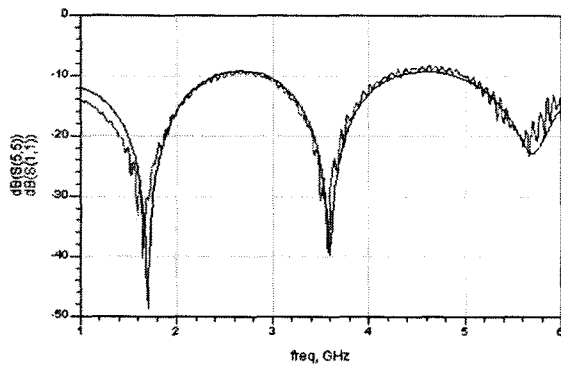
등가회로 모델 파라미터의 초기 값을 결정하는 방법에는 여러 가지 방법이 있을 수 있다. 회로의 구조가 수식적인 분석이 용이할 경우 전체의 등가 회로에서 계산을 통해 기생성분인 L값과 C값을 구하여 초기 값으로 쓸 수도 있고, 마이크로스트립 라인의 상호 간섭을 계산해주는 프로그램을 통해서 초기 값을 구할 수도 있다. 그리고 분석자의 경험에 의해 초기 값을 결정하고 접근하기도 한다. 본 논문에서는 마이크로스트립 인터커넥트 선로의 방향이 일정치 않고 변화하는 부분이 있으므로, 수식적인 접근보다는 초기 값을 예상하여 임의로 설정하고 최적화 과정을 되풀이하였다. 최적화를 통해 얻은 파라미터 값은 아래 표 1과 같다.

<표 1> 추출된 파라미터 값

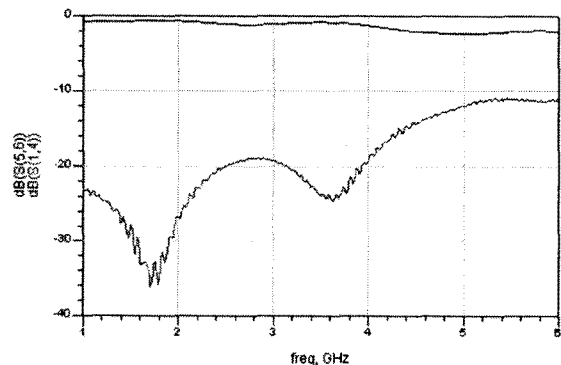
	초기 값	최적화 값
C1	0.001pF	0.0737634pF
C2	0.001pF	0.0737634pF
C _{SMA}	0.001pF	0.04pF
L _{SMA}	0.001nH	0.01nH

2.3.2 파라미터 값 적용결과

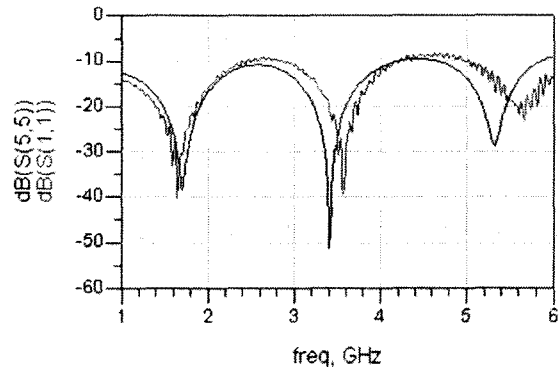
추출된 파라미터의 값에 대한 결과는 시뮬레이션 툴인 HP ADS의 주파수 Plot기능을 사용하여 도시하였다. 그림 2-3과 2-4는 선로의 방향이 변한 부분에서 상호 커패시턴스 성분을 고려치 않은 상태에서 값과 측정값과의 비교이고, 그림 2-5와 2-6은 선로의 방향이 변한 부분에서 상호 커패시턴스 성분을 포함하여 최적화된 결과와 측정치와의 비교이다. 결과에서 볼 수 있듯이 마이크로스트립 인터커넥트중 선로의 방향이 변한 부분의 파라미터 성분을 고려치 않고 회로모델을 구성하여 시뮬레이션을 했을 경우에는 측정 주파수 대역[1-6GHz]에서 시뮬레이션 모델과 측정값과의 오차가 통과특성에서 많이 발생했다. 하지만 선로의 방향이 변한 부분에서 파라미터 값을 적용하여 최적화하였을 경우 그림 2-5, 2-6에서 볼 수 있듯이 측정 주파수 전 대역에서 측정값과 유사함을 확인할 수 있었다.



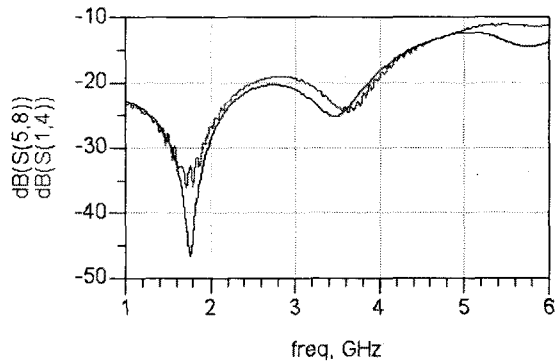
<그림 2-3> 파라미터가 적용되지 않은 모델의 반사특성



<그림 2-4> 파라미터가 적용되지 않은 모델의 통과특성



<그림 2-5> 파라미터가 적용된 모델의 반사특성



<그림 2-6> 파라미터가 적용된 모델의 통과특성

3. 결 론

본 논문에서는 4포트 마이크로스트립 인터커넥트 등가회로 모델링중 선로의 방향이 변하는 부분에서 상호 커패시턴스 성분을 고려하여 구성하였으며, 등가모델을 통해 얻은 파라미터에 초기 값 결정과 반복적인 최적화 과정을 통해서 등가모델의 각 L, C 성분 값을 추출하였다. 그 결과는 시뮬레이션 툴을 이용하여 확인할 수 있었으며, 선로의 방향이 변하는 부분에서 파라미터를 고려하고 적용한 모델이 파라미터를 고려하지 않은 모델에 비해 측정 주파수 전 대역에서 최초 측정값에 더 근접함을 볼 수 있었다. 결과를 종합하여 볼 때, 마이크로스트립 인터커넥트의 선로의 방향이 변하는 지점의 파라미터 효과가 무시할 수 없음을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] X. Li, "An equivalent circuit parameter extraction technique for band pass filters", International Journal of Electronics, Vol. 92, 303-311, 2005
- [2] L.L.Liou, "Equivalent Circuit Parameter Extraction of Microstrip Coupling Lines Using FDTD", Antennas and Propagation Society International Symposium IEEE, Vol 3, 1488-1491, 2000
- [3] Yong-Ju Kim, "Interconnection Parameter extraction of printed circuit board by hybrid measurement of TDR and S-parameter", Electronics Letters, Vol 38, 969-970, 2002
- [4] David M. Pozar, "Microwave Engineering" 3rd Ed, Wiley, 49-52, 2003