

마이크로스트립 선로의 불연속점 보상에 관한 연구

김귀수·김종화·안달
 순천향대학교 정보기술공학부
 E-mail : kwisoo@ramrec.sch.ac.kr

A Study of Discontinuities in Microstrip Line Bend

Kwi-Soo Kim · Jong-Hwa Kim · Dal Ahn
 Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

요약

마이크로스트립 회로는 제작하기 쉽고 능동 및 수동 소자를 편리하게 집적할 수 있기 때문에 많은 형태의 초고주파 회로와 그의 부 시스템은 마이크로스트립의 형태로 만든다. 그러나 마이크로스트립 회로의 문제점중의 하나인 휘어진 부분과 폭에서의 계단형 변화, 그리고 접합 점에서의 피할 수 없는 불연속점이 회로의 성능을 감쇄시킨다는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 불연속점에서의 효과를 최소화시키기 위한 방법으로 집중소자를 회로에 포함시키는 방법과 모서리를 없애는 방법의 실험을 통하여 불연속성 효과를 최소화하는 뒀을 확인하였다

1. 서론

두개의 정재파가 180° 위상 차이를 가지면서 합해지면 서로의 합이 0이 되는 이론을 이용하여 RF power amplifier의 선형성을 확보해 주는 Feed-Forward System과 Predistortion Techniques 등에 여러 가지 방법으로 응용되어 연구되어지고 있다.

그보다 앞서 두 정재파의 위상차이가 180° 에서부터 몇 도의 위상차가 날 때 S_{21} 이 최소 -20dB의 cancellation을 보이는지의 연구가 선행되어야 한다.

본 논문에서는 마이크로스트립 선로의 입력에서 출력으로의 두개 선로의 위상차를 이용한 cancellation 되는 연구 과정에서 불가피하게 사용되는 90° bend junction의 영향을 최소화하기 위한 방법을 제안하였다.[1]

2. 두 선로의 위상차이를 이용한 cancellation

그림 1은 포트 1과 포트 2 사이의 90° 와 270° 즉 180°의 위상 차이를 갖는 전송선로이다.

이론적으로 포트 1에서 포트 2로 전달되는 투과 파형은 0이다. 그림 2에서와 같이 S_{21} 이 -92.79dB로 0에 가깝다.

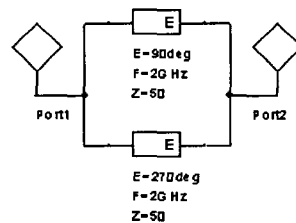


그림 1 90° 와 270°의 전기적 길이를 갖는 전송선로

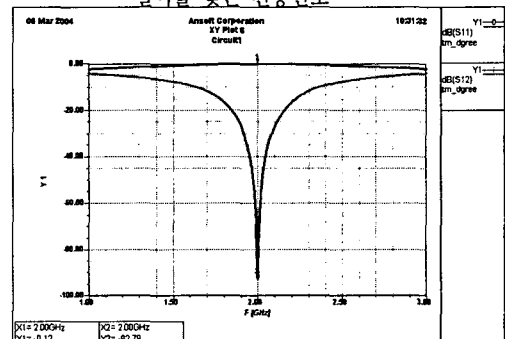


그림 2 90° vs 270° 전송선로의 S-parameter

위의 방법으로 하나의 전송선로는 270° 고정 다른 하나는 90° 에서 -20dB가 될 때까지 ±1° 씩 변화 시켜 본 결과이다.

표 1. 위상 차이에 따른 전달특성 [S₂₁]

각도	S ₂₁ [dB]	각도	S ₂₁ [dB]
71°(-19)	-19.76	91°(1)	-87.33
72°(-18)	-20.55	92°(2)	-61.77
73°(-17)	-21.47	93°(3)	-51.25
74°(-16)	-22.45	94°(4)	-46.27
75°(-15)	-23.50	95°(5)	-42.40
76°(-14)	-24.63	96°(6)	-39.25
77°(-13)	-25.86	97°(7)	-36.60
78°(-12)	-27.39	98°(8)	-34.30
79°(-11)	-28.63	99°(9)	-32.28
80°(-10)	-30.22	100°(10)	-30.48
81°(-9)	-31.98	101°(11)	-28.86
82°(-8)	-33.96	102°(12)	-27.74
83°(-7)	-36.20	103°(13)	-26.04
84°(-6)	-38.79	104°(14)	-24.79
85°(-5)	-41.85	105°(15)	-23.90
86°(-4)	-46.27	106°(16)	-22.81
87°(-3)	-51.25	107°(17)	-21.57
88°(-2)	-58.29	108°(18)	-20.84
89°(-1)	-70.33	109°(19)	-19.94
90°(0)	-106.13		

위상에 대한 실험결과 표1에 따르면 180° 에서 ±18° 까지 S₂₁의 감쇄 현상이 -20dB 이상인 것을 확인 할 수 있다. 위의 실험결과를 바탕으로 실제 제작에 앞서 그림 3과 같이 시뮬레이션을 해 본 결과 109° 와 270° 두개의 전송선로의 감쇄량이 -20dB 보다 적은 -13.48dB 가 측정 되었다. 이는 90° Mitered bend 와 Mitered T-junction 의 영향임을 짐작 할 수가 있다.

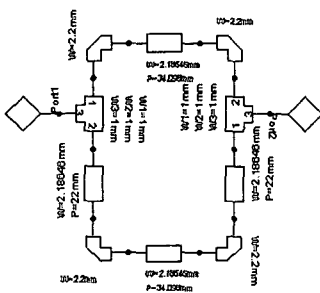


그림 3. Lay out을 위한 시뮬레이션
2.1 불연속점 보상 I

이렇게 마이크로스트립 선로가 휘어진 경우 휨 근처에서 도체 영역이 증가하게 되어 불연속점의 기생성 정전 용량으로 나타나게 된다. 따라서 이러한 효과를 줄이는 방법에는 그 불연속점에 대한 등가회로를 만든 후 이것을 회로설계에 포함시켜 다른 회로 파라미터를 조정함으로써 그 효과를 보상할 수 있다.

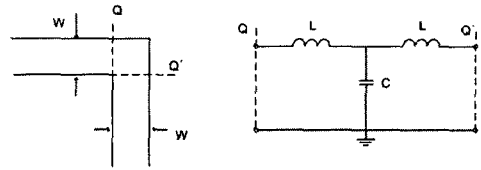


그림 4. 불연속점에 대한 등가회로 모델

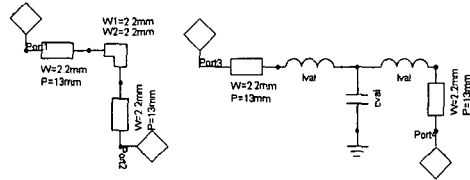


그림 5. 불연속점에 대한 등가회로 시뮬레이션

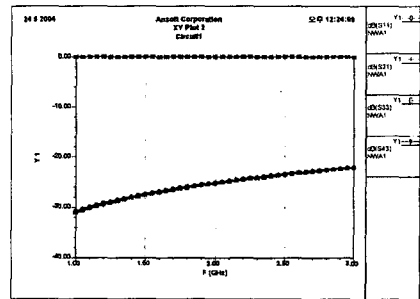


그림 6. 두 회로에 대한 S-parameter

그림 5와 6은 불연속점에 대한 등가회로를 모델링하여 시뮬레이션 해 본 결과이다.

그림 4의 등가회로에서 L과 C의 값은 다음 식으로부터 알 수 있다.[2]

(Capacitance)

For $w/h < 1$:

$$\frac{C_{BEND}}{w} = \frac{(14\epsilon_r + 12.5)w/h - (1.83\epsilon_r - 2.25)}{\sqrt{w/h}} \text{ pF/m}$$

For $w/h > 1$:

$$\frac{C_{BEND}}{w} = (9.5\epsilon_r + 1.25)\frac{w}{h} + 5.2\epsilon_r + 7.0 \text{ pF/m}$$

(Inductance)

$$\frac{L}{h} = 100 \{ 4\sqrt{\frac{w}{h}} - 4.21 \} \text{ nH/m}$$

윗 식에 따라 그림 4에서 $L=0.031nH$ 이고 $C=0.135pF$ 이다. 그러므로 이 L 과 C 의 값을 없애주는 보상회로를 첨가해 줌으로써 선로에서의 불연속성에 대한 효과를 제거 할 수가 있다.[2]

2.2.1 불연속점 보상 II

다음은 90° 각도의 휨 부분의 모서리를 깎아 줌으로써 보상을 해 주는 회로이다.

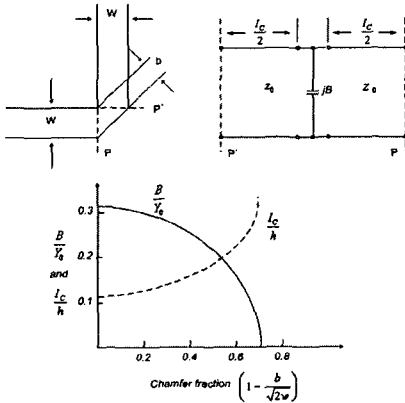


그림 8. 모서리면(Bend), 그것의 등가회로와 파라미터 비율

$b \cong 0.57w$ 로서 bend의 width가 약 1.7mm 일 때 junction의 영향을 최소화 할 수 있다.[2]

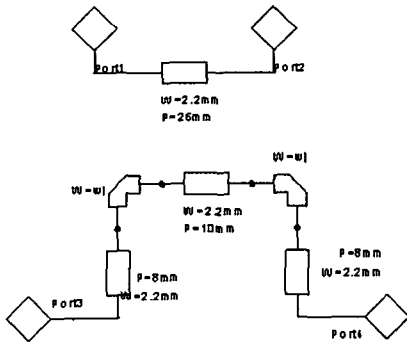


그림 9. 90° Bend 의 영향실험

그림 8과 9에서 볼 수 있듯이 bend의 width를 1.7mm 로 하였을 경우 90° 의 전기적 길이를 갖는 전송선로와 두개의 bend로 나누어진 전송선로간의 차이가 거의 없음을 볼 수 있다.

따라서 이 이론을 그림 3의 회로에 적용하여 실험해 본 결과 108° 의 전송선로와 270° 의 전송선로간의 cancellation 정도가 표 1에서의 이론적인 양과 비슷한 20.81dB의 감쇄효과를 확인할 수 있었다.

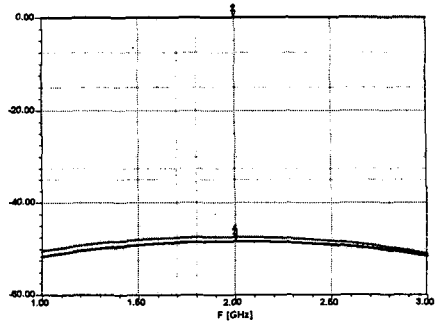


그림 10. 90° 전송선로와 Bend 에 의해 나누어진 전송선로의 S-parameter

3. 결론

본 논문에서는 두 선로간의 위상 차이에 따른 감쇄 량의 정도를 측정하여 다른 회로에 사용함에 있어 전송선로 구현에 불연속점에 의한 효과를 제거 할 수 있는 이론을 제시 하였다. 이 이론을 이용하여 마이크로스트립 선로를 구현함에 있어 문제 되었던 위상과 진폭의 오차, 입력과 출력 사이의 비정합 등을 보상하는 회로를 제시 하였고 또 확인 하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT무선부품연구센터(R/2-2002-052-02004-0)의 지원에 의한 것입니다

참고문헌

- [1] D. M. Pozar, Microwave Engineering, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., 1998
- [2] Terry Edwards, Foundations for Microstrip Circuit Design Second Edition. John Wiley & Sons., 1992