

論 文
9-4-7

# 슬롯을 가진 삼각패치형 인공전송선로

## A Slotted Triangular-Patch Type Artificial Transmission Line

오 승 이\*, 최 경\*\*, 황 희 용\*\*\*

Song-Yi Oh, Kyung Choi, and Hee-Yong Hwang

### Abstract

In this paper, an artificial transmission line of triangular-patch type with slots is proposed. This artificial transmission line is useful for miniaturizing the electrical lengths of conventional transmission lines. Also, this structure is easy to regulate the characteristic impedance and electrical lengths. The electrical lengths and the characteristic impedances of the proposed artificial transmission line with some parameters are researched and summarized. The proposed artificial transmission line could be useful for compact designs for most of the passive microwave components. The optional-artificial transmission line is fabricated and measured at 2.45GHz.

**Keywords** : artificial, transmission line, artificial transmission line, miniaturizing, electrical lengths, characteristic impedance

### I. 서 론

전송선로는 전기에너지와 신호를 한 곳에서 다른 곳으로 전달하기 위해 사용되는 것으로 특히 전원으로부터 부하까지의 전달에 이용된다. 전송선로의 예를 들면, 송신기와 안테나, 네트워크상의 컴퓨터들, 또는 수력발전소와 수백 마일 떨어진 변전소 사이의 연결 선로 등이 있다. 또한 고주파에서 작동하기 위해 설계된 회로 기판에서의 부품들 간의 연결 선로가 있다[1]. 이러한 전송선로들을 응용한 마이크로파 회로들에는 방향성 결합기, 브랜치 선로 하이브리드, 링하이브리드, 여파기 등이 있다.

최근 무선통신 시스템 기술의 진보로 마이크로파 회로의 소형화 및 집적도 향상이 요구되고 있다. 그러나 기존의 전송선로는 회로의 소형화에

한계를 가지고 있다. 이에 기존의 전송선로 대신 인공전송선로를 이용한 회로 설계 연구 사례가 급증하고 있다[2-5].

따라서 본 논문에서는  $\lambda/4$ 길이의 기존의 마이크로스트립 전송선로를 슬롯을 삽입한 삼각패치형 인공전송선로로 변환 시킨 구조를 제안한다. 여기서,  $\lambda/4$ 길이는 한 파장( $\lambda$ )의  $1/4$ 인 길이를 나타내는 것으로서 한 파장( $\lambda$ )이  $360^\circ$ 의 전기적 길이를 갖기 때문에  $\lambda/4$ 길이의 전송선로는  $90^\circ$ 의 전기적 길이를 갖는다. 또한 마이크로스트립 전송선로의  $\lambda/4$ 길이는 사용되는 기판이나 중심주파수에 따라 그 물리적 길이가 각각 다르다.

제안된 구조는 패치에 슬롯을 삽입하여 전체적인 크기를 감소시키고, 삼각형 형태이므로 기존 전송선로를 이용한 회로의 building-block으로 사용하기 좋아 여러 방법으로 조합하기가 쉽다. 또한 삽입된 슬롯의 길이를 변화시킴으로써 선로의 특성임피던스 및 위상차를 쉽게 조절할 수 있다.

접수일자 : 2010년 10월 15일

최종완료 : 2010년 12월 19일

\* : 강원대학교 전기전자공학전공

\*\* : 강원대학교 전자공학전공

\*\*\* : 강원대학교 전기전자공학전공

교신저자, E-mail : [hyhwang@kangwon.ac.kr](mailto:hyhwang@kangwon.ac.kr)

## II. 본 론

### 1. 제안된 구조

그림 1은 제안하는 슬롯이 있는 삼각패치형 인공전송선로의 구조로서 삼각형 패치 상부에 W만큼의 폭을 추가하고 패치 내부에 slot1과 slot2를 삽입한 형태이다.

본 논문에서는 중심주파수 2.45GHz에서 제안된 구조의 slot의 길이 및 W의 폭에 따른 특성임피던스와 위상특성에 대해 알아보고 임의의 인공전송선로를 직접 시험 제작한 결과를 확인하였다.

먼저 Ansoft사의 HFSS™을 이용하여 제안된 구조를 시뮬레이션 하여 인공전송선로의 두 포트 간의 위상차 특성과 선로의 입력임피던스를 확인하였다. 여기서 구해진 선로의 입력임피던스를 이용하여 식 (1)[6]과 Mathematica 5.2를 이용하여 특성임피던스를 구하였다. 이때  $Z_{in}$ 은 입력임피던스이고,  $Z_L$ 은 부하임피던스로 50Ω으로 종단시켰다. 또한  $Z_0$ 는 전송선로의 특성임피던스이고,  $\beta l$ 은 선로의 길이를 나타낸다.

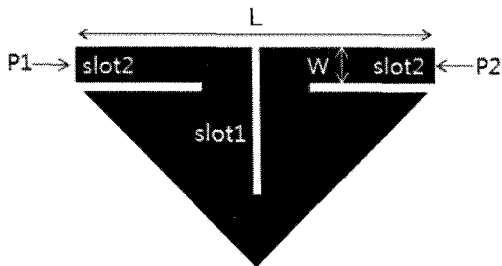


그림 1. 슬롯이 있는 삼각패치형 인공전송선로의 구조

Fig. 1. Structure of slotted triangular patch artificial transmission line

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} \quad (1)$$

### 2. 삼각패치형 인공전송선로의 특성

#### 2.1 slot1의 길이 변화에 따른 특성

그림 2와 표 1은 중심주파수 2.45GHz에서 slot1의 길이 변화에 따른 특성임피던스와 위상차 특성을 나타낸 것이다. slot의 폭을 0.2mm, slot2의 길이를 3mm, W를 0.5mm로 고정시킨 뒤 slot1의 길이를 2.4mm에서 3.6mm까지 0.2mm간격으로 변화시켜 특성을 확인하였다. 그림에서 나타나는

slot1의 길이가 길어질수록 선로의 특성임피던스와 위상차가 커짐을 알 수 있다.

#### 2.2 slot2의 길이 변화에 따른 특성

그림 3과 표 2는 중심주파수 2.45GHz에서 slot2의 길이 변화에 따른 특성임피던스와 위상차 특성을 나타낸 것이다. slot의 폭을 0.2mm, slot1의 길이를 3mm, W를 0.5mm로 고정시킨 뒤 slot2의 길이를 2.4mm에서 3.6mm까지 0.2mm간격으로 변화시켜 특성을 확인하였다. 그 결과 slot1의 길이 변화특성과 마찬가지로 slot2의 길이가 길어질수록 선로의 특성임피던스와 두 포트 간 위상차가 커짐을 알 수 있다.

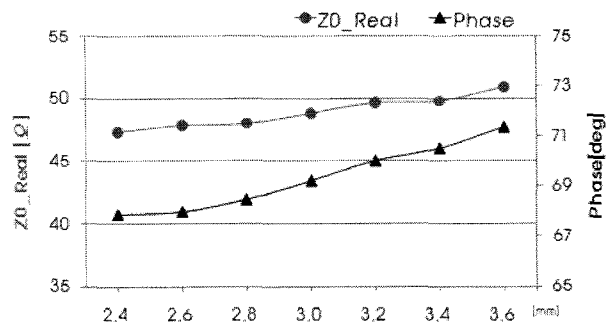


그림 2. slot1의 길이변화에 따른 특성

Fig. 2. Characteristics by length changes of slot1

표 1. slot1의 길이변화에 따른 특성

Table 1. Characteristics by length changes of slot1

slot1의 길이 (mm)	위상차 (°)	Z <sub>0</sub> (Ω)
2.4	67.89	47.36
2.6	68.00	47.89
2.8	68.49	48.01
3.0	69.24	48.83
3.2	70.03	49.66
3.4	70.52	49.80
3.6	71.38	50.90

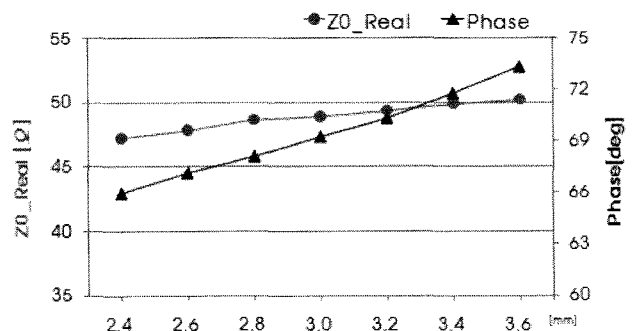


그림 3. slot2의 길이변화에 따른 특성

Fig. 3. Characteristics by length changes of slot2

표 2. slot2의 길이변화에 따른 특성  
Table 2. Characteristics by length changes of slot2

slot2의 길이 (mm)	위상차 (°)	Z <sub>0</sub> (Ω)
2.4	65.94	47.27
2.6	67.11	47.85
2.8	68.09	48.66
3.0	69.24	48.95
3.2	70.32	49.39
3.4	71.78	49.91
3.6	73.33	50.23

2.3 W의 폭 변화에 따른 특성

그림 4와 표 3은 중심주파수 2.45GHz에서 W의 폭 변화에 따른 특성임피던스와 위상차 특성을 나타낸 것이다. slot의 폭은 0.2mm, slot의 길이는 3mm로 고정시킨 후 W의 폭을 0.3mm에서 0.9mm까지 0.2mm간격으로 증가시켰다. W의 폭이 증가할수록 선로의 특성임피던스와 위상차 특성은 감소하는 경향을 나타낸다.

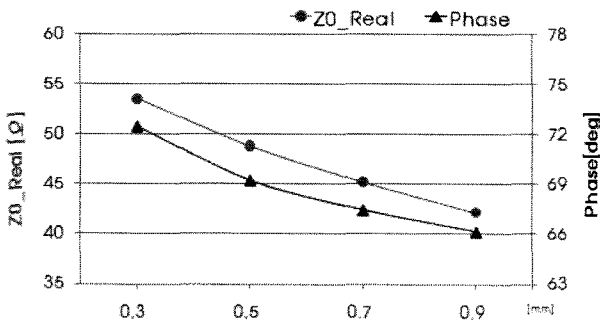


그림 4. W의 폭 변화에 따른 특성  
Fig. 4. Characteristics by width of W

표 3. W의 폭 변화에 따른 특성  
Table 3. Characteristics by width of W

W의 폭 (mm)	위상차 (°)	Z <sub>0</sub> (Ω)
0.3	72.49	53.52
0.5	69.24	48.83
0.7	67.46	45.27
0.9	66.16	42.21

3. 제작 및 측정결과

그림 5는 임의로 시뮬레이션 및 시험 제작된

삼각패치형 인공전송선로 이다. 시뮬레이션에는 Ansoft사의 HFSS™을 사용하였고, 유전율 4.4, 기판두께 0.762mm, 손실탄젠트 0.025의 FR4기판을 사용하여 임의의 인공전송선로 두 개를 제작하였다. 표 4는 시뮬레이션 및 제작에 사용된 인공전송선로의 파라미터를 나타내었다.

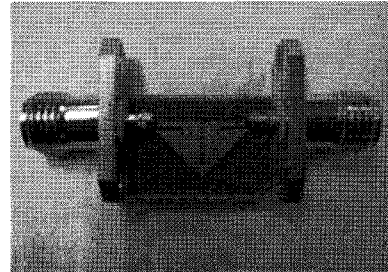


그림 5. 시뮬레이션 및 제작된 삼각패치형 인공전송선로

Fig. 4. Simulated and fabricated triangular patch artificial transmission line

표 4. 제작에 사용된 파라미터 값  
Table 4. Parameter used in fabrication

	L 길이 (mm)	slot 폭 (mm)	slot1 길이 (mm)	slot2 길이 (mm)	W 폭 (mm)
(a)	10	0.2	3.5	3.0	0.5
(b)	10	0.2	4.5	3.0	0.5

표 5는 표 4의 (a)와 (b)에서 사용된 파라미터 값을 이용하여 중심주파수 2.45GHz에서 시뮬레이션 및 측정된 선로의 특성임피던스와 위상차를 정리한 것이다. 이때 측정결과 값은 제작과정에서 포함된 커넥터 길이를 de-embedding 시킨 결과이다. (a), (b) 각각의 경우 선로의 특성임피던스에서는 시뮬레이션과 유사한 값을 얻었다. 또한 위상차의 경우 시뮬레이션과 측정값의 약 10° 정도의 차이를 보이는데 이는 PCB 기판의 에칭과정이나 측정상의 오차로 볼 수 있다.

표 5. 시뮬레이션 및 측정된 인공전송선로의 특성  
Table 5. Simulated and measured characteristics of artificial transmission line

		위상차 (°)	Z <sub>0</sub> (Ω)
(a)	Simulation	89.40	39.13
	Measurement	98.90	37.77
(b)	Simulation	90.01	41.73
	Measurement	100.38	41.31

### III. 결 론

본 논문에서는 슬롯이 삽입된 삼각패치형 2포트 인공전송선로를 제안하였다. 제안된 구조는 삼각형 형태로서 전송선로를 응용한 회로들의 building-block으로 사용이 용이하고, 패치 내부에 슬롯을 삽입함으로써 회로의 크기를 소형화 시켰으며 시험 제작된 인공전송선로의 두 포트간의 물리적 길이는 중심주파수 2.45GHz에서의 일반적인 마이크로스트립 전송선로의  $\lambda/4$  길이인 16.85mm에 비해 약 40.1% 줄어든 10mm이다. 또한 이러한 구조는 slot의 길이 변화와  $W$ 의 폭 변화에 따라 선로의 특성임피던스와 위상차 조절에 용이한 장점이 있다. 이러한 인공전송선로는 커플러, 링하이브리드, 필터 등의 다양한 종류의 소자 제작에 도움이 될 것이다.

### [참고 문헌]

- [1] W. H. Hayt and J. A. Buck, *Engineering Electromagnetics*, 7th ed, McGraw-Hill, 2005.
- [2] C. W. Wang, T. G. Ma, and C. F. Yang, "Miniaturized branch-line coupler with harmonic suppression for RFID applications using artificial transmission lines," *IEEE/MTT-S International Microwave Symposium*, pp. 29-32, 2007.
- [3] K. O. Sun, S. J. Ho, C. Yen, and D. van der Weide, "A compact branch-line coupler using discontinuous microstrip lines," *IEEE Microwave Wireless Components Letters*, vol. 15, no. 8, pp. 519-520, Aug 2005.
- [4] K. W. Eccleston and S. H. M. Ong, "Compact planar microstrip line branch-line and rat-race couplers," *IEEE Transactions on Microwave Theory Techniques*, vol. 51, pp. 2119-2125, 2003.
- [5] K. H. Chang, K. M. Nam, and J. P. Kim. "Design of various compact branch-line coupler by using artificial transmission lines," *IEEE/MTT-S International Microwave Symposium Digest*, pp.1726-1729, 2006.
- [6] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Second ed., John Wiley & Sons, Inc., 1998

### Biography



#### 오승이

2011년 강원대학교 전기전자공학전공 졸업  
 2011년~현재 강원대학교 석사과정  
 <관심분야> 초고주파 수동소자  
 <e-mail> [si5523@kanwon.ac.kr](mailto:si5523@kanwon.ac.kr)



#### 황희용

1992년 2월: 서울대학교 전자공학과(공학사)  
 1995년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학석사)  
 2000년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학박사)  
 2001년 3월~2002년 4월: University of Maryland Research Scholar  
 2002년 5월 ~ 2003년 4월:(주)아모텍 연구소장  
 2003년 2월 ~ 현재: 강원대학교 전기전자공학전공 부교수  
 <관심분야> RF, Microwave, Millimeter wave 분야의 부품 및 시스템  
 <e-mail> [hyhwang@kangwon.ac.kr](mailto:hyhwang@kangwon.ac.kr)



#### 최경

1981년 2월: 서울대학교 전기공학과(공학사)  
 1983년 2월: 서울대학교 전기공학과(공학석사)  
 1988년 2월: 서울대학교 전기공학과(공학박사)  
 1989년 3월~현재: 강원대학교 전자공학전공 교수  
 <관심분야> 전자기기 수치해석, Microwave  
 <e-mail> [kyunchoi@kangwon.ac.kr](mailto:kyunchoi@kangwon.ac.kr)