

# 감쇄와 위상편이에 대한 Tuning Stub 가 미치는 영향

○ 나 영진 백 덕수 양 승인

한국통신연구원, 서울특별시

The effect of tuning stubs on attenuation and phase shift

Lee, Y.J., Baek, D.S., Yang, S.I.

Dept. of Electronics, Korea Research Institute of Technology

### ABSTRACT

In this paper we studied about the effects of tuning stubs on attenuation and phase shift for micro strip feedlines. Result of the analysis are good agreement with those of experiments. We found that a better way to increase the phase shift and to decrease the attenuation may be to use multiple stubs of  $\lambda/4$  distances.

본 논문에서는 주(main)전송선로상에 스텐브를 달아놓고서, 그 스텐브의 길이를 바꿔 가면서 스텐브가 없는 경우에 대한 상대적 위상편이와 감쇄에 대해 조사하고자 한다.

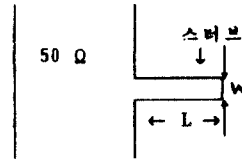


그림 1. microstrip feedline에서의 동조 스텐브.

Fig. 1. tuning stubs for microstrip feedlines.

1. 서론  
마이크로파에서 사용되는 전송선로에는 다양한 종류가 있으나 그중 평면 전송선로(planar transmission line)에서 주로 사용되는 것중의 하나가 스트립선로와 마이크로 스트립로이다. 마이크로 스트립이나 스트립 선로 circuit의 전기적 특성은 제작상의 어려움과 다른 영향 때문에 우리가 특정하게 구상했던 것과는 다른 결과를 가져올 수 있다.  
예를 들면, array나 power divider, bend, junction, dimensional tolerance, 변동직 기판등은, 특히 feed line 이 긴 경우에는 array element 에서 위상이나 크기등의 오차를 가져오게 된다.  
Hal schrank는 microstrip feed line의 위상편이를 조절 하기 위하여 아주 작은 tuning stub를 이용할 수 있음을 실험적으로 보여주었다 [ 1 ] .

그림 (1)과 같은 회로를 해석 하는데 있어서 3점에서와 같이 스텐브의 임피던스를 계산하게 되면 2점과 같이 산란파라미터를 구할 수 있다.

4점에서는 microstrip feed line 에서 중심주파수를 일정하게 고정시켜놓고 여러가지 영역에 대한 해석된 계산결과와 실험값을 비교 검토하였으며, 스텐브를 추가함으로써 해서 위상편이는 커지고, 감쇄는 작아짐을 보였다.

### 2. 산란 파라미터(Scattering parameter)계산법

마이크로파대 주파수에서는 전압,전류의 관계식을 요구하는 ABCD, h, y, z 파라미터들은 사용하기 불편 할 뿐더러 각단자의 크기를 규정짓기가 불가능

하므로 진행파(traveling-wave) 개념을 도입한 산란 파라미터를 널리 사용한다. 산란 파라미터는 선로에서 회로망으로 향하는 입사파와 반대방향으로 나가는 반사파의 관계식으로 규정 짓는다.

본 논문에서 사용한 산란파라미터 계산법은 연결 산란매트릭스(connection-scattering matrix)를 이용한 것으로서, 이 해석법은 회로망(network)이 임의의 여러 단자에 연결되었거나 독립된 발진기를 포함하고 있을 때 응용하는 해석방법이다 [ 2 ] .

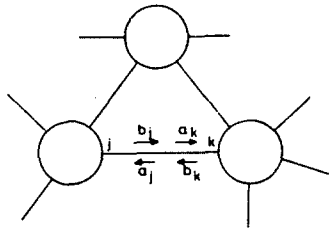


그림 2. j단자와 k단자가 연결된 보조 회로망.

Fig. 2. A subnetwork showing port j of a component connected to port k of the other component.

즉,

$$b_i = S_i a_i \quad \text{-----}(1)$$

(a<sub>i</sub> ; incoming wave,

b<sub>i</sub> ; outgoing wave,

S<sub>i</sub> ; i번째 성분의 산란파라미터)

(1)식은 i번째 성분이 n<sub>i</sub> 단자를 가지고 있을 때  
를 식으로 표시한 것이다.

또, 독립된 발진기에서의 관계식은

$$b_k = S_k a_k + C_k \quad \text{-----}(2)$$

C<sub>k</sub> ; 발진기에 의해서 영향을 받는파(wave)

로서 쓰여진다. 여기서 발진기에 의한 산란 파라미터 S<sub>k</sub>는 정합(match)된 경우에는 S<sub>k</sub>는 "0"이 된다. 따라서 회로 전체를 지배하는 관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$b = S a + C \quad \text{-----}(3)$$

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_m \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} S_1 & 0 & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & S_i & 0 \\ & & & \ddots & \\ 0 & 0 & & & S_m \end{bmatrix}$$

로서 표현된다.

서로 다른 성분의 단자끼리 연결되는 경우, 예를 들면 그림 (1)에서 보는것 처럼 j-port가 k-port에 연결되었다면

$$a_j = b_k$$

$$a_k = b_j$$

$$\text{or} \begin{bmatrix} b_k \\ b_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_k \\ a_j \end{bmatrix} \quad \text{-----}(4)$$

(4)식을 만족하게 된다. 두 단자에서의 정규화 임피던스가 같기 때문에 " 1 "과" 0 "으로 표시했다.

(4)식은 회로망내의 모든 단자간의 연결을 표현한 것으로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$b = \Gamma a \quad \text{-----}(5)$$

Γ ; 위상을 표시하는 연결 matrix

(3)식과 (5)식을 이용하여 다음 식을 유도해낼 수 있다.

$$\Gamma a = S a + C$$

$$(\Gamma - S) a = C \quad \text{-----}(6)$$

여기서 Γ - S = W 라 놓을 때,

$$a = W^{-1} C \quad \text{-----}(7)$$

(7)식으로 표현된 W를 연결 산란 매트릭스(connection scattering matrix)라 부르며, (7)식에서 a 를 구할 수 있고, (5)식에 a 를 대입하여 b 를 구할 수 있다.

3. 마이크로 스트립선로에서의 임피던스계산  
주(main) 전송선로상의 특성 임피던스는 50Ω으로 고정시켜 놓았으나, 스테브 폭을 변화시킬 때는 스테브의 임피던스를 계산해 내야만, 회로의 전체 산

란 파라미터를 계산해 낼 수 있게 되며 회로의 입사파와 반사파를 구할 수 있게 된다. 따라서 이 전에서는 산란 파라미터 관계식과 스텔브의 임피던스 계산법을 알아 보았다.

그림 (1)을 등가회로로 나타내면 다음과 같다.

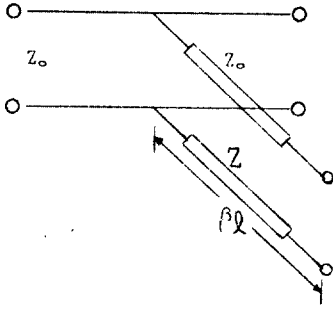


그림 3. 분리로 연결된 open 스텔브.

Fig. 3. A shunt-connected open-ended stub.

그림 (3)에 대한 산란 파라미터 관계식은 다음식과 같다.

$$S_{11} = S_{22} = \frac{Z_0}{Z_0 + 2jZT} \quad \text{----- (8 .a)}$$

$$S_{12} = S_{21} = \frac{2jZT}{Z_0 + 2jZT} \quad \text{----- (8 .b)}$$

where,  $T = \tan \beta L$

스텔브의 임피던스는 도체폭(W)과 유전체두께(H)의 비율 이용하여 실효유전율(ERE)을 구하여 임피던스 계산법 [ 3 ] 에 의하여 스텔브의 임피던스를 구하며, 그림 (3)은 실효유전율을 구하는 방법을 안기 쉽게 알고리즘으로 도시 하였다.

그리고 그 계산된 값을 이용하여 (9)식과 같이 스텔브의 임피던스를 계산했다.

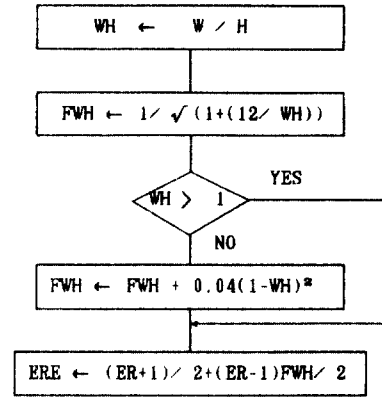
즉,

WH > 1 인 경우,

$$Z_{in} = \frac{120 \Pi}{\sqrt{ERE}} (WH + 1.393 + 0.667 \ln(WH + 1.444)) \quad \text{----- (9 .a)}$$

WH < 1 인 경우,

$$Z_{in} = \frac{60}{\sqrt{ERE}} \ln(8/WH + WH/4) \quad \text{----- (9 .b)}$$



ER:유전율 ERE:실효유전율

W:도체폭 H:유전체두께

그림 4. 실효 유전율값을 구하는 알고리즘.

Fig. 4. Algorithm for effective dielectric constant.

### 3. 계산결과 및 검토

그림 (5)에서는 먼저 스텔브가 하나인 경우에 스트립 도체의 두께(d)는 0.16cm, 폭(H)은 0.45cm, 유전체두께(W)는 0.125cm, 중심주파수는 4.5GHz로 고정한 상태에서 스텔브 길이(L)를 1cm 부터 시작하여 0.1cm 간격으로 절단해 가면서 위상편이와 감쇄를 그린 것으로 스텔브 길이가 짧아질 수록 위상편이와 감쇄가 작아지는 것을 볼 수 있으며, 실험치와 비교해 볼 때 위상편이와 감쇄가 어느 정도 오차범위이고 있지만, 거의 유사함을 알 수 있다. 그림 (6)은 위 조건중에서 스텔브 폭만을 달리한 것으로 이론치 보다는 실험치가 더 좋아보이지만 거의 유사함을 보여주고 있다. 그림 (5)와 (6)를 비교하여 볼 때 스텔브 폭이 클 수록 위상편이는 커지고, 감쇄도 커진다는 것을 알 수 있다.

그림 (7)은 한 스텔브에서 2/4만큼 떨어진 거리에 다른 하나의 스텔브를 달아 놓았을 경우에 대해 나타낸 그림이다. 실험치와 비교해 볼 때 위상편이와 감쇄가 거의 일치함을 보인다. 하나의 스텔브를 넣었을 경우와 비교해보면, 감쇄가 거의 없으며 위상

편이는 상당히 급하게 증가함을 보여주고 있다.

그림 (8)은 스테브 폭을 달리하여  $\lambda/4$ 간격으로 달았을 경우에 대한 것으로 폭 좁은 것에 비해 감쇠는 줄어들지만 위상편이는 더욱 급하게 증가함을 보여 주며, 그림 (9)에서는 스테브 사이의 거리  $\lambda$ 를 여러 가지로 바꿔 본 것으로,  $\lambda/4$ 와  $3\lambda/4$ 인 경우,  $\lambda/2$ 와  $\lambda$ 인 경우에 일치 하였다.

그림 (10)는 스테브를 세개 달았을 경우에 대한 것으로, 이제까지 보아온 결과로부터 생각할 수 있는 것처럼, 감쇠는 약간의 오차만 제외하고는 거의 일정하고 위상편이는 상당히 급하게 증가하고 있다. 스테브를 2개 달아는 경우와 비교해 볼 때 감쇠는 작아지고 위상편이는 더욱 급하게 증가함을 확인했다.

#### 결론

우리는 이제까지 여러가지 형태에 대해서 계산치와 실험치를 비교해 보았다. 그 결과 감쇠와 위상편이는 스테브를 한개보다는  $\lambda/4$  간격으로 여러개 달아주는 것이 감쇠는 적어지고 위상편이는 커지는 경향을 확인했다. 또한 스테브의 폭이 좁을수록 감쇠가 작아짐을 알 수 있었다.

이제까지 해석된 결과를 이용하여 감쇠나 위상편이에 대해서 우리가 원하는 값을 찾아볼 수 있게끔 편리하게 사용하는데 큰 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

#### 참고 문헌

1. Hal Schrank, "Trimming Stubs For Microstrip Feed Network." IEEE Antenna and Propagation Society Newsletter, PP. 26-28, December, 1897.
2. Monaco, V.A., and P.Tiberio, "Computer-Aided Analysis of Microwave Circuits," IEEE Trans. MTT., Vol. MTT-22, PP. 249-263 Mar. 1974.

3. K.C.C Gupta and Ramesh Garg, and Rakesh Chadha  
Computer-Aided Design of Microwave-Circuits, Artech House, Dedham, MA., 1981.

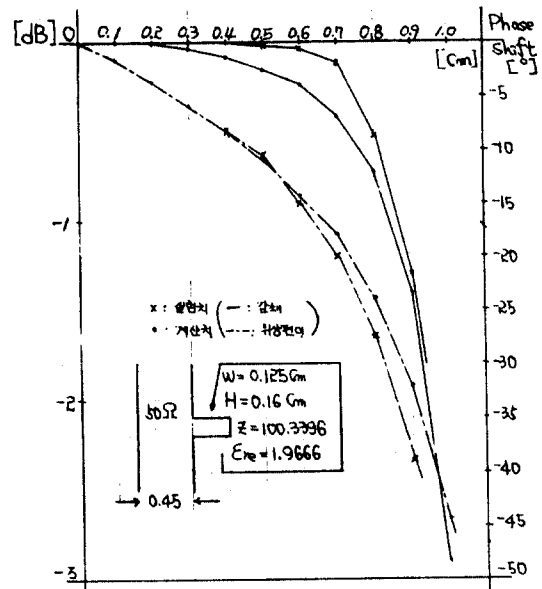


그림 5. 스테브가 하나인 경우의 감쇠와 위상편이 ( $W = 0.125$ ).

Fig. 5. Attenuation and phase shift for a single tuning stubs ( $W = 0.125$ ).

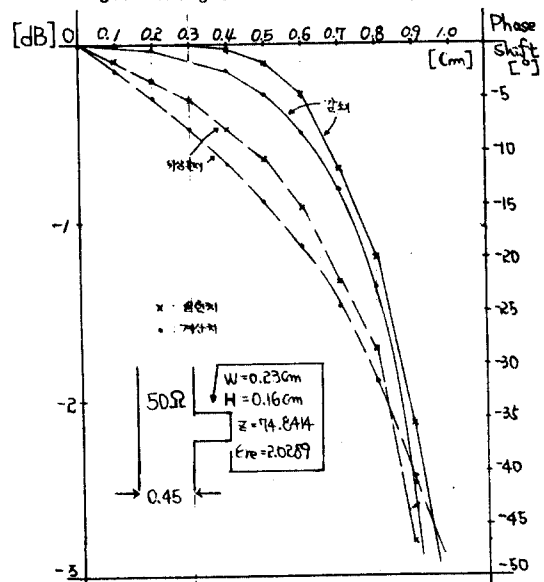


그림 6. 스테브가 하나인 경우의 감쇠와 위상편이 ( $W = 0.23$ ).

Fig. 6. Attenuation and phase shift for a single tuning stubs ( $W = 0.23$ ).

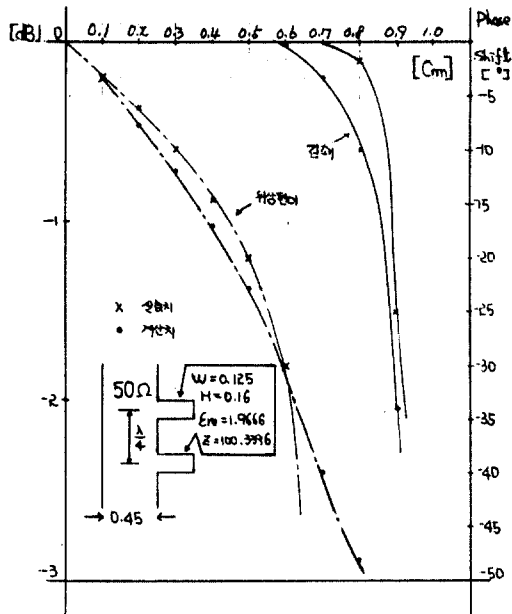


그림 7.  $\lambda/4$  간격의 스텐브가 둘인 경우의 감쇠와 위상편이 ( $W = 0.125$ ).

Fig. 7. Attenuation and phase shift for a single tuning stubs of  $\lambda/4$  distances ( $W = 0.125$ ).

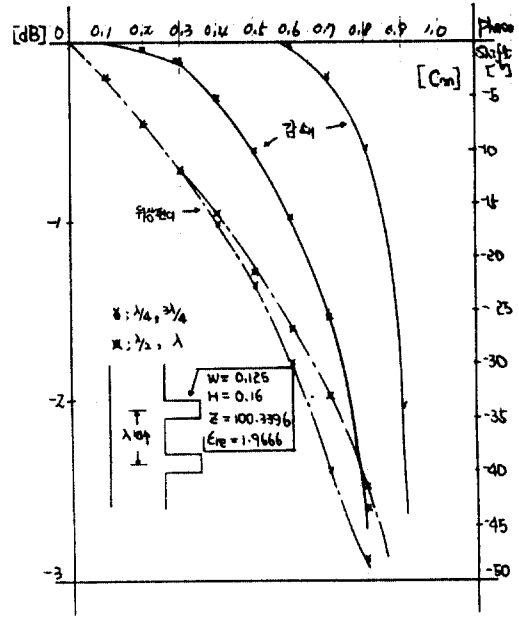


그림 9. 거리 ( $\lambda$ )가 변할때의 감쇠와 위상편이 ( $W = 0.125$ ).

Fig. 9. Attenuation and phase shift for a varying distances ( $\lambda$ ) ( $W = 0.125$ ).

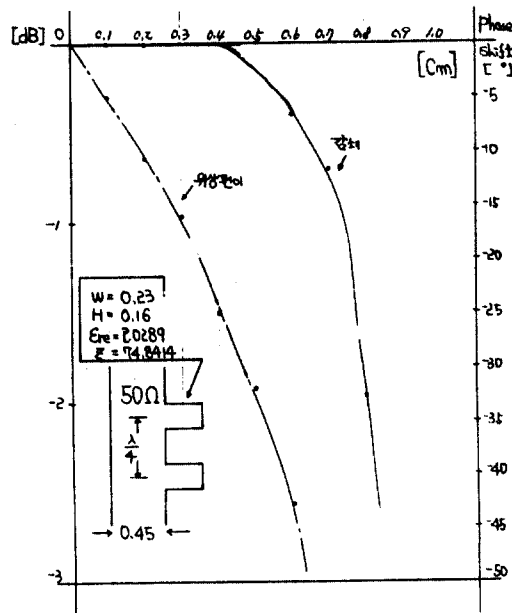


그림 8.  $\lambda/4$  간격의 스텐브가 둘인 경우의 감쇠와 위상편이 ( $W = 0.23$ ).

Fig. 8. Attenuation and phase shift for a single tuning stubs of  $\lambda/4$  distances ( $W = 0.23$ ).

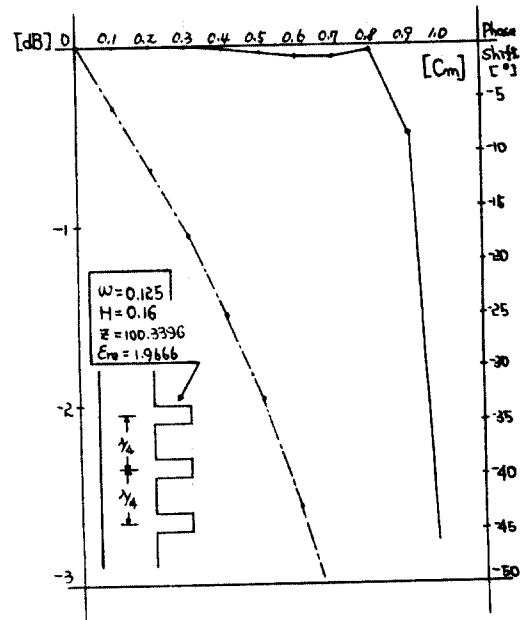


그림 10.  $\lambda/4$  간격의 스텐브가 셋인 경우의 감쇠와 위상편이 ( $W = 0.125$ ).

Fig. 10. Attenuation and phase shift for a single tuning stubs of  $\lambda/4$  distances ( $W = 0.125$ ).