

좌-우선회 원편파 상호 선택 변환 편파기 설계

Design of a Selectable Left and Right Handed Circular Polarizer

양 두 영*

Doo-Yeong Yang*

요 약

본 논문에서는 선편파와 원편파를 상호간에 선택적으로 변환할 수 있는 3단 회전편으로 구성된 편파기를 설계하였다. 편파기를 설계하기 위해 구형 도파관과 원형 도파관을 결합시켜 모드변환이 원활히 이루어지도록 전송선이론을 적용하였고, 원형 도파관내에 유전체판을 삽입시켜 삽입된 각도에 따라 편파변환을 선택적으로 가능하게 설계하였다. 또한 설계된 데이터를 이용하여 입·출력단에 나타나는 전송특성 및 반사특성이 최적이 되도록 시뮬레이션 하였고 편파기 제작을 통하여 이론의 타당성을 입증하였다.

Abstract

In this paper, we present a polarizer that consists of three step rotary detents which can selectively convert linear polarization into circular polarization and vice versa. For the design of the polarizer, the transmission line theory is applied to design the waveguide mode transducer for the modes to be smoothly converted in waveguides, and a dielectric plate is inserted in circular waveguide for the conversion of a polarized wave with the angle of an inserted dielectric plate. Also, we simulated to obtain the optimum values of the transmission and the reflection coefficient characteristics at input and output port, and proved the propriety of the theory from the knowledge of measuring the constructed polarizer with the designed data.

I. 서 론

편파기 급전시스템은 위성통신 지구국 및 탑재 위성에 필요한 부품으로서 단일 안테나를 이용하여 지구국에서 위성으로 신호를 전송하는 상향링크와 위성에서 지구국으로 신호를 전송하는 하향링크를 동시에 수행하는 부품이다. 또한 2개의 주파수에 해당되는 편파를 합성·분리하고, 동일 주파수대의

편파를 동시에 송수신할 수 있는 장치이다.

현재 사용되고 있는 편파기는 선편파와 원편파에 따라 각각 다른 형태의 급전시스템을 구성하고 있다. 본 논문에서 연구한 편파기는 선편파와 원편파를 상호간에 선택적으로 변환할 수 있는 편파회로이다. 이 편파기는 구형 도파관과 원형 도파관을 결합시켜 유전체를 삽입시킨 후 3단 회전편으로 구성되어 회전편에 따라 편파 변환이 이루어진다. 따라서 구형 도파관에서 원형 도파관으로 전송되는 결

「본 논문은 '94~96년도 한국통신연구개발원의 정보통신 기초연구과제 지원비에 의하여 연구되었음.」

* 제주대학교 통신공학부(Dept. of Tele-Communication Eng., Cheju National Univ.)

· 논문번호 : 96-3-030

· 접수일자 : 1996년 7월 1일

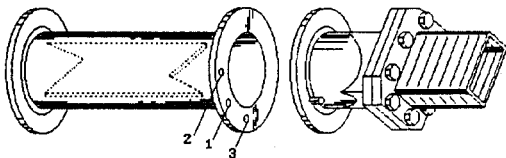
합에너지를 반사없이 전송시키기 위해서는 구형 도파관과 원형 도파관간의 변환회로인 도파관 테이퍼를 설계하여야 한다. 또한 원형 도파관으로 전송된 에너지가 선편파 혹은 원편파로 변환되도록 원형 도파관 내부에 유전체를 삽입시켜 편파변환회로를 구성하여야 한다.[1]~[3]

본 논문에서는 결합 모드 이론을 도입하여 구형 도파관에서의 TE₁₀ 모드를 원형도파관의 TE₁₁ 모드로 변환시키기 위한 도파관 테이퍼를 설계하고, 이 모드가 유전체판을 통과하여 편파기의 출력단에 전달되는 전달특성, 반사특성 및 결합특성을 계산한다. 그리고 원형도파관내의 유전체 경계조건을 적용하여 가장 적절한 유전체의 두께와 길이를 계산하고 최적인 특성을 파악하여 편파기 제작을 위한 설계파라미터를 찾아낸다. 또한 편파변환 특성을 보일 수 있도록 유전체 판의 회전 각도를 달리하여 선편파, 우선회 및 좌선회 원편파 발생원리를 유도하고, 산란행렬을 이용하여 입·출력 특성을 파악한 후 최적 설계치를 찾아낸다.

II. 편파기의 구성

[그림 1]은 유전체 슬랩을 삽입하여 선편파와 원편파를 상호간에 선택적으로 변환시킬 수 있는 편파회로이다. 편파기의 구성은 우측으로부터 구형 도파관, 모드변환기, 유전체판이 삽입된 원형 도파관으로 구성되어 있다.

송신기 혹은 수신기에 결합되는 첫번째 도파관은 구형단면으로 되어 있고, 구형 도파관과 원형 도파



[그림 1] 편파기 회로

[Fig. 1] Polarizer circuits.

관을 결합시킨 모드변환기는 구형 단면에서 원형 단면으로 변환되도록 설계하였다. 이 변환기는 구형 도파관과 원형 도파관 사이에 결합되어 구형 도파관의 기본모드인 TE₁₀모드를 원형 도파관의 기본모드인 TE₁₁모드로 변환시키는 인터페이스 작용을 한다. 유전체가 삽입된 원형 도파관은 모드변환기와 결합되어 TE₁₁모드로 전송된 전자파를 원편파 혹은 선편파로 변환한다. 이들간에 결합방법은 모드변환기와 원형 도파관 사이에 설치된 세개의 회전편을 이용한다. 1번 회전편은 선편파된 신호가 편파기를 통하여 지나가서도 선편파로 남아 있을 수 있게 한다. 2번 회전편에서는 선편파와 좌선회 원편파 사이의 변환이 이루어지고 3번 회전편에서는 선편파와 우선회 원편파 사이의 변환이 이루어진다.

2-1. 도파관 모드변환기 해석

Schelkunoff의 모드변환이론인 telegraphist 방정식을 도파관 테이퍼에 적용하면 다음과 같은 반사계수식을 구할 수 있다.[4]~[6]

$$\Gamma_i = \frac{1}{2} \int_0^L \frac{d}{dz} (\ln \bar{Z}) \cdot \exp \left[-j2 \int_0^z \beta dz \right] dz \quad (1)$$

여기서 \bar{Z} 는 정규화된 임피던스이고, L 은 도파관 길이이다.

테이퍼가 완만할 경우, 식(1)의 β 에 대한 적분항을 선형함수로 바꾸어 서로 다른 특성임피던스를 갖는 테이퍼된 전송선로의 입력반사계수식으로 변환하면 다음과 같다.

$$\Gamma_i = \frac{1}{2} \int_0^L e^{-j2\beta z} \frac{d}{dz} (\ln \bar{Z}) dz \quad (2)$$

식 (2)에서 최소가 되는 반사계수값을 구하기 위

해서는 정규화된 임피던스의 미분항을 적당한 테이퍼 함수로 대체하여야 한다.

본 연구에서 사용되는 테이퍼 함수는 반사계수 값을 최소로 줄이면서 설계가 용이한 Fourier 변환 함수를 이용한다.

식 (2)의 정규화된 임피던스의 미분항을 Fourier 급수로 대체하고, u 축에서 $2N$ 만큼씩 변하는 영점을 가진 임의의 다항식으로 변환하여 반사계수식을 구하면 다음과 같다.[7]

$$\Gamma_i = \frac{\sin \pi u}{u} e^{-j\beta L} \frac{\sum_{n=1}^N (u^2 - 4n^2)^2}{\sum_{n=1}^N (u^2 - n^2)} \quad (3)$$

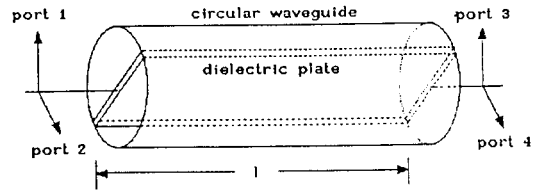
식 (3)는 반사계수의 제1차 부엽의 침투값 (peak)을 줄일 수 있을 뿐 아니라 영점 폭을 늘리므로써 중심주파수 f_0 를 갖는 대역폭신호를 반사없이 전달시킬 수 있다.

2-2. 편파변환회로 해석

편파 변환회로는 [그림 2]와 같이 원형도파관내에 유전체가 삽입된 구조를 가지고 있다. 모드변환기를 통하여 원형도파관으로 유입된 TE_{11} 모드 전자계는 유전체판의 회전된 각도에 따라 선형 혹은 원편파를 발생시킨다.

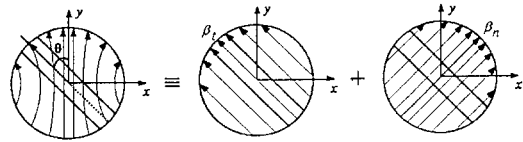
편파 변환회로를 해석하기 위해서는 유전체판이 놓인 각도에 따라 TE_{11} 모드의 전자계 성분을 유전체와 접하는 접선모드 성분과 유전체와 직교하는 직교모드 성분으로 분리하여 경계조건에 일치되는 전자계를 구해야 한다.

[그림 3]은 선편파-우선회원편파 변환회로로서 원형 도파관내에 유전체가 삽입되었을 때 나타나는 전계의 직교모드 성분을 나타낸 것이다. 원형 도파관에 입사된 전계 성분은 유전체 판에 접하는 접선 성분과 유전체판에 직교하는 법선성분으로 분리하여 해석하면 편리하다.[4]



[그림 2] 편파 변환회로

[Fig. 2] Transduced circuits of polarized wave.



[그림 3] 좌선회 원편파 발생을 위한 TE_{11} 직교모드

[Fig. 3] Decomposition of TE_{11} mode into two orthogonally polarized modes for LHCP.

그림과 같이 유전체판이 θ 만큼 기울었을 때 전계는 유전체판에 평행인 접선성분모드와 수직인 법선 성분 모드로 나눌 수 있고, θ 가 $\pi/4$ 일 때 z 방향으로 전파되는 전계는 유전체판에 평행인 접선성분모드와 수직인 법선성분 모드로 다음과 같이 나눌 수 있다.

$$\vec{E}_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ J_1 \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) \frac{1}{\rho} \sin \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \vec{a}_\rho + \left(\frac{k_{11}}{a} \right) J_1' \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) \cdot \cos \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \vec{a}_\phi \right\} e^{-j\beta z} \quad (4)$$

$$\vec{E}_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ J_1 \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) \frac{1}{\rho} \cos \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \vec{a}_\rho - \left(\frac{k_{11}}{a} \right) J_1' \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) \cdot \right.$$

$$\sin\left(\phi - \frac{\pi}{4}\right) \vec{a}_\phi \} e^{-j\beta_n z} \quad (5)$$

여기서 J_1 는 제 1종 Bessel함수이고, J_1' 은 J_1 함수의 미분형을 나타내며 k_{11} 는 TE₁₁모드 함수의 고유치, a 는 원형 도파관의 반경, ρ 와 ϕ 는 원통좌표 성분, β_r 와 β_n 은 각각 전계의 접선성분의 전파상수와 법선성분의 전파상수를 나타낸다.

$\phi = \pi/4$ 일 때 식(4)과 (5)을 직각좌표계로 변환하여 전계의 x성분과 y성분으로 나타낼 수 있다.

$$\vec{E}_t = \frac{1}{2} \left(\frac{k_{11}}{a} \right) J_1' \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) \cdot (-\vec{a}_x + \vec{a}_y) e^{-j\beta_r z} \quad (6)$$

$$\vec{E}_n = \frac{1}{2} \frac{1}{\rho} J_1 \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) \cdot (\vec{a}_x + \vec{a}_y) e^{-j\beta_n z} \quad (7)$$

식(6)과 (7)를 Helmholtz방정식에 대입하여 고유치 함유를 구하면 접선과 법선에 대한 전파상수는 다음과 같다.

$$\left(\frac{k_{11}}{a} \right)^2 + \beta_r^2 = \epsilon_r \beta_0^2, \quad \left(\frac{k_{11}}{a} \right)^2 + \beta_n^2 = \beta_0^2 \quad (8)$$

여기서 ϵ_r 은 비유전율, β_0 는 공기인 유전체의 전파상수를 나타낸다.

유전체판이 삽입된 원형도파관 편파회로는 [그림 2]와 같이 4단자망으로 구성되어 있다. 원형도파관내 삽입된 유전체판은 가역성과 대칭성을 갖고 있으므로 산란행렬로 유전체판의 평행인 접선성분에 대한 모드의 입출력 관계식을 쓰면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{21} & S_{31} & S_{41} \\ S_{21} & S_{11} & S_{41} & S_{31} \\ S_{31} & S_{41} & S_{11} & S_{21} \\ S_{41} & S_{31} & S_{21} & S_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

식(9)의 a_1 과 a_2 는 각각 식(6)의 y성분과 x성분의 전계의 크기를 나타낸다.

식 (9)를 유전체 판에 접선성분에 대한 입력반사계수(ρ_r)와 전송계수(τ_r), 법선성분에 대한 입력반사계수(ρ_n)와 전송계수(τ_n)로 표현하면 다음과 같다.

$$\rho_r = S_{11} - S_{21}, \quad \tau_r = S_{31} - S_{41} \quad (10)$$

$$\rho_n = S_{11} + S_{21}, \quad \tau_n = S_{31} - S_{41} \quad (11)$$

유전체판이 임피던스 변환기에 의해 전파상수 β_0 를 갖는 입력도파관 및 출력도파관과 정합되어 있다면 반사계수 β_r 와 β_n 은 원형 도파관의 파동임피던스를 사용하여 계산할 수 있다. 따라서 TE₁₁모드의 접선성분(Z_r^{TE})과 법선성분(Z_n^{TE}) 및 입출력 도파관의 파동임피던스(Z_0^{TE})는 다음과 같다.

$$Z_r^{TE} = \frac{k\eta}{\beta_r}, \quad Z_n^{TE} = \frac{k\eta}{\beta_n}, \quad Z_0^{TE} = \frac{k\eta}{\beta_0} \quad (12)$$

식(12)을 이용하면 입출력 도파관의 유전체 경계면에서 반사계수와 산란 행렬의 단일성조건(unitary condition)에 의해 전송계수를 유도할 수 있다.

$$\rho_r = (\beta_r - \beta_0) / (\beta_r + \beta_0) \quad (13)$$

$$\rho_n = (\beta_n - \beta_0) / (\beta_n + \beta_0) \quad (14)$$

$$\tau_r = (1 - \rho_r \rho_r^*)^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_r l} \quad (15)$$

$$\tau_n = (1 - \rho_n \rho_n^*)^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_n l} \quad (16)$$

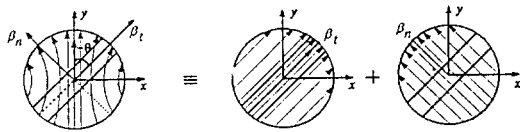
식(13)~식(16)을 식(10)과 (11)에 대입하면 유전체판이 삽입된 편파회로의 산란행렬을 모두 구할 수 있다.

$$S_{11} = \frac{(\beta_t \beta_n - \beta_0^2)}{(\beta_0 + \beta_t)(\beta_0 + \beta_n)} \quad (17)$$

$$S_{21} = \frac{\beta_0(\beta_n - \beta_t)}{(\beta_0 + \beta_t)(\beta_0 + \beta_n)} \quad (18)$$

$$S_{31} = \frac{1}{2} \left\{ [1 - |S_{11} - S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_t l} + [1 - |S_{11} + S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_n l} \right\} \quad (19)$$

$$S_{41} = \frac{1}{2} \left\{ -[1 - |S_{11} - S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_t l} + [1 - |S_{11} + S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_n l} \right\} \quad (20)$$



[그림 4] 우선회 원편파 발생을 위한 TE₁₁ 직교모드
 [Fig. 4] Decomposition of TE₁₁ mode into two orthogonally polarized modes for RH-CP.

유전체판이 [그림 4]와 같이 $\theta = -\pi/4$, $\phi = \pi/4$ 로 놓여 있으면 식(4)과 식(5)은 다음과 같이 전계의 x성분과 y성분으로 나타낼 수 있다.

$$\vec{E}_t = \frac{1}{2} \frac{1}{\rho} J_1 \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) (\vec{a}_x + \vec{a}_y) e^{-j\beta_t z} \quad (21)$$

$$\vec{E}_t = \frac{1}{2} \left(\frac{k_{11}}{a} \right) J_1' \left(\frac{k_{11}}{a} \rho \right) (-\vec{a}_x + \vec{a}_y) e^{-j\beta_n z} \quad (22)$$

전파 동일한 방법을 사용하여 접선성분에 대한 반사계수와 전송계수 그리고 법선 성분에 대한 반사계수와 전송계수를 구하면 다음과 같다.

$$\rho_t = S_{11} + S_{21}, \rho_n = S_{11} - S_{21} \quad (23)$$

$$\tau = S_{31} + S_{41}, \tau_n = S_{31} - S_{41} \quad (24)$$

식(13)~식(16)를 식(23)과 (24)에 대입하면 선편파-좌선회 원편파 변환회로에 대한 각 포트의 산란행렬을 유도할 수 있다.

$$S_{11} = \frac{(\beta_t \beta_n - \beta_0^2)}{(\beta_0 + \beta_t)(\beta_0 + \beta_n)} \quad (25)$$

$$S_{21} = \frac{\beta_0(\beta_t - \beta_n)}{(\beta_0 + \beta_t)(\beta_0 + \beta_n)} \quad (26)$$

$$S_{31} = \frac{1}{2} \left\{ [1 - |S_{11} + S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_t l} + [1 - |S_{11} - S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_n l} \right\} \quad (27)$$

$$S_{41} = \frac{1}{2} \left\{ [1 - |S_{11} + S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_t l} - [1 - |S_{11} - S_{21}|^2]^{\frac{1}{2}} e^{-j\beta_n l} \right\} \quad (28)$$

III. 모드변환기 및 편파변환회로 설계

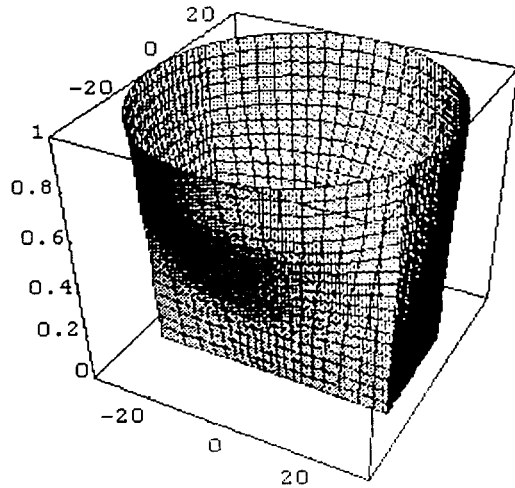
3-1. 모드변환기 설계

본 논문에서는 테이퍼 함수들의 특성중 계산시간이 빠르고 테이퍼의 길이가 짧으면서도 대역폭이 넓은 Fourier 변환함수 테이퍼를 이용하여 구형 도파관과 원형 도파관을 연결시켜주는 테이퍼를 설계하였다.

구형-원형 도파관 테이퍼는 크기도 다를 뿐 아니라 서로 다른 구조의 좌표계를 가지고 있다. 따라서 동일 구조를 갖는 좌표계로 변환시켜 식(3)을 적용하여 설계한다.

[그림 5]는 C 밴드에서 동작하는 WR229 구형 도파관에서 WC30 원형 도파관으로 모드변환되는 과정을 설계하여 표시한 그림이다. $a = 58.17\text{mm}$, $b = 29.083\text{mm}$ 인 구형 도파관과 지름 $R = 71$.

42mm인 원형 도파관간에 테이퍼의 길이를 한 파장으로 설정하여 설계데이터를 산출하였다. 이렇게 설계된 테이퍼는 반사계수특성이 거의 영에 가깝고 완전한 곡선을 이루고 있다. 따라서 구형도파관의 기본모드인 TE_{10} 모드에서 원형 도파관의 기본모드인 TE_{11} 모드로 손실없이 모드 변환이 이루어진다 [7].



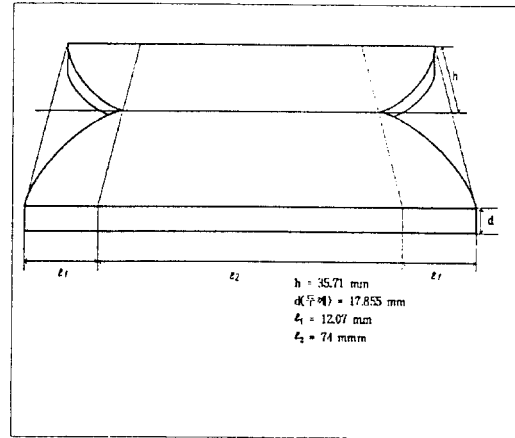
[그림 5] 구형 - 원형 도파관 모드변환기 설계
[Fig. 5] Design of mode transducer between rectangular and circular waveguide

3-2. 유전체판 테이퍼 설계

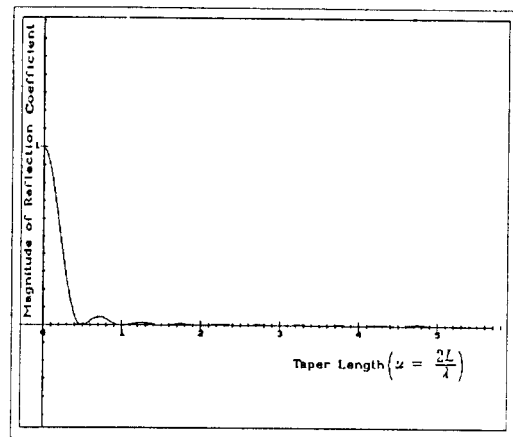
[그림 1]의 편파변환회로에 있어서 입력단 1,2에서 입력전계를 입사시킬 경우 공기만으로 채워진 원형 도파관 입력단과 유전체판이 삽입된 경계면간에 불연속 특성이 발생하여 입사에너지를 반사시키는 부정합 조건을 야기시킨다. 전파상수 β_0 를 갖는 입력 원형 도파관과 유전체가 삽입된 원형 도파관 간에 정합조건을 유도하려면 유전체판의 전파상수를 점차적으로 테이퍼시켜 입력 원형도파관의 전파상수 β_0 와 일치하도록 설계하여야 한다. 따라서 유전체판 테이퍼 함수를 식(3)에서 다른 Fourier 변환함수를 이용하여 반사계수 특성을 줄이면서 길이를 최소화시킬

수 있는 $\lambda_g/4$ 길이를 짧게 설계한다.

[그림 6]은 식(2)의 정규화된 임피던스항에 유전체판 전파상수와 공기인 유전체의 전파상수 β_0 비를 대입하고, 식(3)의 Fourier 변환함수를 적용하여 유전체판 테이퍼를 설계한 그림이고 [그림 7]은 유전체 테이퍼 함수에 대한 반사계수 특성을 나타낸 것이다.



[그림 6] 원형 도파관내에 삽입된 유전체판
[Fig. 6] Dielectric plate inserted in circular waveguide.

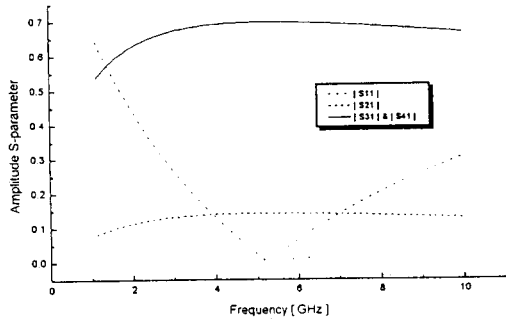


[그림 7] 유전체 테이퍼 길이에 따른 반사계수 특성 곡선
[Fig. 7] Reflection coefficient curve versus length of dielectric plate taper.

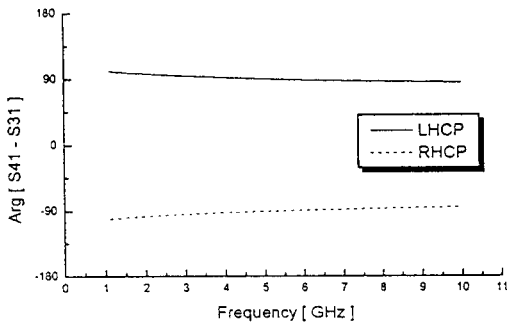
3-3. 편파기 시뮬레이션

다음은 지름 R이 71.42mm 원형 도파관 내에 유전율 2.5, 두께 17.86mm, 길이 74mm인 유전체판을 삽입시켰을 때 나타나는 산란계수 특성을 표시한 그림이다.

[그림 8]은 식(17)~식(20)과 식(25)~(28)를 이용하여 좌선회 원편파와 우선회 원편파에 대한 산란계수 크기값을 계산한 그림이다. 출력단의 전송 산란계수 S_{31} 과 S_{41} 의 크기값은 C밴드 대역에서 약 $1/\sqrt{2}$ 로 거의 동일하게 나타나 원편파 변환이

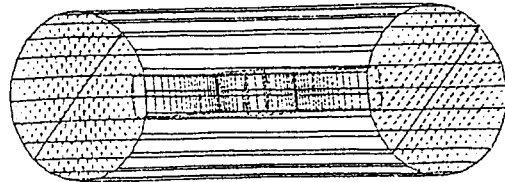


[그림 8] 원편파 변환회로의 산란계수 크기 특성
[Fig. 8] Amplitude of scattering coefficient of circular polarized wave.



[그림 9] 원편파 변환회로의 위상특성
[Fig. 9] Phase of transduced circuits generating circular polarized wave.

정확히 이루어짐을 알 수 있다. [그림 9]는 각각 좌선회 원편파변환회로의 위상계수 특성과 우선회 원편파변환회로의 위상계수 특성을 그림으로 표시한 그래프이다. 위상차가 거의 모든 주파수 대역에서 $\pm(90\pm 1)^\circ$ 인 우수한 우선회 원편파와 좌선회 원편파를 발생시키고 있다. 또한 입력단 반사계수 S_{11} 은 C밴드 전송대역(3.5~6.4GHz)에서 약 0.15이하로 양호한 특성을 보였고 입력단 1과 2간에 결합계수 S_{21} 은 전대역 주파수에서 0.13으로 평탄하게 나타났다.



[그림 10] 전계의 변화특성
[Fig. 10] Electric field trace of polarizer.

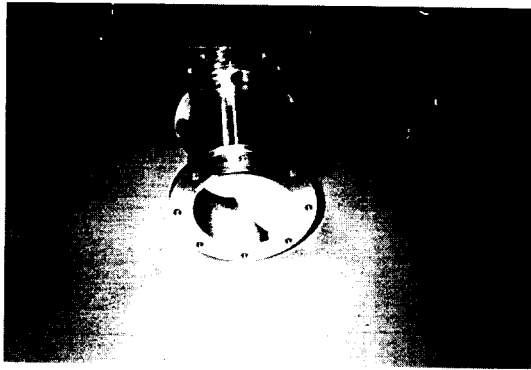
[그림 10]은 편파기 설계치를 고주파 설계용 툴인 HFSS 프로그램을 이용하여 시뮬레이션한 후 그 결과값을 나타낸 전계의 변화과정을 표시한 그림이다. 입력단에서 그림과 같이 TE_{11} 모드를 입사시킬 경우 출력단에는 $\pi/4$ 만큼 전계가 회전되어 나타난다. 이는 전계가 quarter wavelength의 유전체판을 통과하고 나면 회전하는 전계를 발생시킨다는 것을 의미한다.

IV. 제작 및 실험 측정

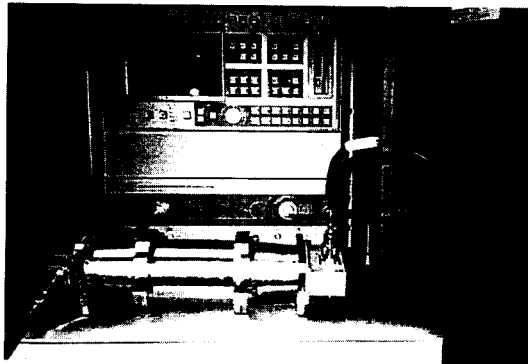
[그림 11]은 앞에서 다룬 설계결과 값을 사용하여 제작한 편파기의 사진이다.

실제제작은 알루미늄 합금인 WR229 구형 도파관과 WC30 원형 도파관을 사용하였다. 도파관 테이퍼의 변곡면은 금형제작과 wire cutting 방법으로 처리하였다.

[그림 12]는 제작된 편파기를 360B Network



[그림 11] 제작된 편파기
[Fig. 11] Fabricated polarizer.



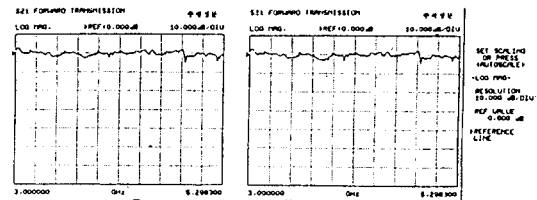
[그림 12] 편파기 실험
[Fig. 12] Experiment of polarizer.

Analyzer에 연결하여 실험측정회로를 구성한 그림이다. 산란계수 S_{21} 의 수직 성분의 크기와 위상측정은 출력단 Adapter의 방향을 입력단 Adapter의 방향과 동일하게 일치시켜 측정하고, 수평성분의 크기와 위상측정은 출력단 Adapter의 방향을 입력단 Adapter의 방향과 수직으로 설치하여 측정한다.

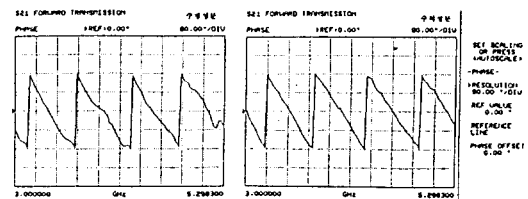
[그림 13]은 우선회 원편파의 전달계수 S_{21} 의 수직성분 크기와 수평성분 크기를 표시한 그림이다. 좌선회 원편파와 우선회 원편파의 수평 및 수직성분의 크기가 동일하여 우선회 원편파의 측정치만을 제시하였다. 실험결과 수평과 수직성분의 크기는 측정주파수 전대역에서 거의 동일하게 측정되어 전

계의 수평성분과 수직성분이 동일한 Amplitude를 갖는다는 것을 알 수 있었다. 전계의 특성이 전체 주파수 대역에서 모두 일정하게 평탄하지 못한 것은 제작된 편파기 내부의 도체면이 도금처리되지 않았고, 각 부품 연결시 조임나사로 인하여 완전결합이 이루어지지 못한 원인이라고 생각한다.

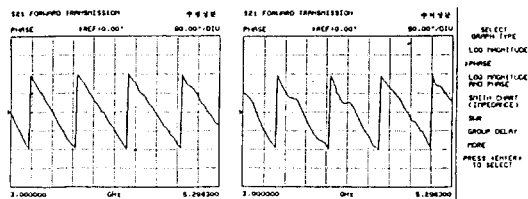
[그림 14]는 우선회 원편파의 수평성분 위상과 수직성분 위상을 측정한 그림이다. 그림에서 수평성분과 수직성분의 위상차는 -90° 임을 알 수 있고 측정주파수 전대역에서 거의 선형적으로 위상이 변화됨을 알 수 있다. 따라서 비교적 양호한 우선회 원편파가 발생됨을 입증할 수 있다



[그림 13] 우선회 원편파의 수평성분과 수직성분 크기
[Fig. 13] Amplitude of horizontal and vertical component for RHCP.



[그림 14] 우선회 원편파의 위상차
[Fig. 14] Phase difference for RHCP.



[그림 15] 좌선회 원편파의 위상차
[Fig. 15] Phase difference for LHCP.

[그림 15]는 좌선회 원편파의 수평과 수직성분의 위상을 측정한 그림이다. 전달계수의 위상을 측정 한 결과 수평성분의 위상차와 수직성분의 위상차는 90° 로 나타났다. 위상특성은 2π 에서 -2π 까지 전파 진행 거리에 따라 주기적으로 반복되는 좌선회 원편 파를 발생시킨다.

V. 결 론

본 논문에서 설계한 편파기는 C 밴드 위성통신 기지국용 시스템에 사용되는 편파회로로서 선편파 와 원편파간에 상호 선택적으로 편파의 방향을 변 환시킬 수 있는 편파기이다. 편파기의 성능을 개선 시키기 위하여 구형 도파관과 원형 도파관간에 전 파모드를 손실없이 변환시키도록 모드변환회로를 해석하고 설계하였으며 원형 도파관으로 입사된 TE_{11} 모드가 선편파 혹은 원편파가 발생되도록 유전 체를 삽입시켜 변환회로를 구성하였다. 또한 편파 변환특성이 양호하도록 유전체판의 길이를 최적화 시켰으며 설계된 제원에 따라 산란계수를 산출하여 그래프로 표시하였다.

유전체가 삽입된 편파기의 해석법은 도파관 테이 퍼 모드변환기에 의해 입사된 원형도파관의 TE_{11} 모드를 전자파이론을 적용하여 해석한 후 유전체판 을 통과하여 출력단에 선편파 혹은 원편파가 발생 되도록 결합모다이론을 적용하여 해석하였다. 그리 고 원형도파관내의 유전체 경계조건을 적용하여 가 장 적절한 유전체의 두께와 길이를 계산하고, 각 포 트간의 전달특성 및 반사특성을 도출하여 편파기 제작을 위한 최적의 설계 파라미터를 산출하였다. 제작된 편파기를 실험을 통하여 측정한 결과 유전 체판의 각도를 $\pm\pi/4$ 로 회전시킴에 따라 좌선회 원편파와 우선회 원편파가 발생되었고 전송대역내 의 위상각도 $\pm(90\pm 1)^\circ$ 로 양호한 특성을 나타내어 이론의 타당성을 입증할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Jaroslav Uher, Jense Boremann, Uwe Rosenberg, *Waveguide Components for Antenna Feed Systems : Theory and CAD*, McGraw-Hill, p. 418-445, 1993.
- [2] Lawrence G. Bryans, "Selectable for Circular Polarization Network," United States Patent [19], no. 209, 804, pp. 1-5, Nov. 1980.
- [3] Fritz Arndt, Andreas Frye, Manfred Wellnitz, Rainer Wirsing, "Double Dielectric slab filled Waveguide Phase Shifter," *IEEE Trans.* vol. MTT-33, no. 5, pp. 373-381, May 1985.
- [4] Robert E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, McGraw-Hill, pp. 370-386, p. 404-413, 1992.
- [5] S. A. Schelkunoff, "Generalized Telegraphist's Equations for Waveguides," *Bell System Tech. J* 31, pp. 784-801, 1952.
- [6] Leo Young, *Advances in Microwaves*, New York & London : Academic Press, vol. 4, p. 301-372, 1969.
- [7] 박재신, 양두영, 장재성, 윤찬의, "구형 도파관과 원형 도파관간의 도파관 테이퍼 설계", 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, vol. 14, no. 1, pp. 632-635, 1995.

양 두 영



1961년 9월 7일생
 1992년 2월 : 한양대학교 대학원
 전자통신공학과 박사
 1992년 3월~현재 : 제주대학교 통
 신공학과 조교수

[주 관심분야] RF회로설계, 이동

통신 및 위성통신 시스템