

論文2000-37TC-3-7

PCS 단말기용 아이솔레이터의 설계제작 (Design and Implementation of Isolator for PCS Phone)

權元鉉*, 金泰賢**, 李泳勳***

(Won-Hyun Kwon, Tae-Hyeon Kim and Young-Hoon Lee)

요약

본 연구에서는 집중정수형 아이솔레이터를 산란행렬을 이용하여 해석 및 설계하고, 설계된 최적 파라메타를 이용하여 1.765GHz 대역의 PCS 단말기용 소형 아이솔레이터를 제작하고 시험하였다. $7.0 \times 7.0 \times 2.3 \text{mm}^3$ 의 크기로 구현된 아이솔레이터의 전력 Isolation S_{12} 는 중심주파수에서 약 29.95 dB 이상으로 측정되었으며, 삽입손실 S_{21} 특성은 30MHz 동작 대역폭 내에서 약 0.35 dB 이하의 손실을 나타내었다. 입출력단 반사계수 S_{11} 및 S_{22} 는 동작대역폭 내에서 -19 dB로 측정되어 구현된 제품이 기존의 제품에 비해 우수한 성능 특성을 지니고 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, lumped-element isolator is analyzed and designed using the scattering matrix approach. Using the designed parameters, compact isolator with $7.0 \times 7.0 \times 2.3 \text{mm}^3$ dimensions is fabricated and tested in 1.765GHz PCS phone band. Implemented isolator shows 29.95dB isolation characteristic at center frequency and has 0.35dB insertion loss in overall 30MHz operating bandwidth. Return losses of input and output port are measured below -19 dB. Experimental results show that the implemented isolator has better performances than the conventional one.

I. 서론

최근 이동통신기술이 급속히 발전함에 따라 이동통신 단말기와 기지국의 숫자도 급속한 증가 추세에 있다. 단말기 및 기지국 송신단의 경우 전력증폭기로부터를 경우 발생하는 반사전력은 전력증폭기로 재입력되

의 송신전력이 듀플렉서 및 안테나로 잘 전달되지 않아 RF 성능을 저하시키거나 시스템을 파손할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 특정방향으로만 전력이 전달되는 아이솔레이터(isolator)가 사용되고 있다^{[1]-[3]}.

아이솔레이터는 3 단자 회로인 서큘레이터(circulator)의 1 단자를 종단(Termination)시킴으로서 구현할 수 있으며 페라이트 자성체와 외부 직류자계용 자석 및 RF 전자기파를 발생시킬 수 있는 스트립라인(stripline) 등의 구조로 이루어져 있다. 아이솔레이터는 도파관, 스트립라인 및 동축선로로 구성할 수 있고 구성 방식에 따라 분포정수형(distributed type) 또는 집중정수형(lumped element type) 아이솔레이터로 구분되며 소자의 물리적인 크기는 파장에 비례한다^{[3]-[13]}.

현재 사용되고 있는 3GHz 미만의 이동통신 주파수 대역에서 사용하고자 하는 아이솔레이터를 분포정수회로 형태로 구현할 경우 크기 및 무게가 커져 소형, 경

* 正會員, 安養大學校 情報通信工學科
(Dept. of Information & Communications, Anyang Univ.)

** 正會員, (株) 스타트 텔레콤
(Start Telecom Co., Ltd.)

*** 正會員, 湖南大學校 電波工學科
(Dept. of Radio Comm. Eng., Honam Univ.)

※ 본 연구는 산업자원부 공업기반기술개발사업의 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

接受日字:1999年7月7日, 수정완료일:2000年1月21日

량의 이동통신 기기에는 사용하기 어렵다. 이를 극복하기 위하여 60년대 중반 Konish는 집중정수형태의 아이솔레이터^[4]를 제안하였으며 이후 많은 연구가 이루어져왔다. 집중정수형 아이솔레이터는 페라이트를 금속 스트립라인으로 감싸서 인덕턴스를 구현하고 외부 자석(magnet) 및 캐패시터에 의해 주어진 주파수에서 공진할 수 있도록 한 방식이다. 지금까지 사용되어온 아이솔레이터의 캐패시터는 주로 판(plate)형으로 파손, 수축 등의 기구적인 문제점에 따라 양산성이 떨어진다. 단점을 지닌다.

3-port 회로망인 아이솔레이터는 산란행렬(Scattering Matrix)이나 임피던스행렬로 표현할 수 있으며, 동작주파수 대역에서 이상적인 아이솔레이터의 산란행렬을 구한 후, 주변 회로소자 및 조건들을 변화시켜 원하는 산란행렬을 갖도록 함으로써 아이솔레이터를 설계할 수 있다.

본 연구에서는 PCS 단말기에 사용가능한 집중정수형 아이솔레이터를 구현하기 위하여 페라이트 자성체의 크기와 포화자화(saturation magnetization), 직류자계의 세기, 각 단에 연결되는 캐패시턴스 값들을 변수로 하여 아이솔레이터의 산란행렬을 해석하였으며, 이를 이용하여 전자기해석 프로그램을 작성한 후 최적 파라미터를 추출하였다. 또한 기존의 아이솔레이터에 사용되는 판(plate)형 캐패시터가 갖는 문제점을 해결하기 위하여 epoxy PCB를 사용하는 방법을 제안하였다. 또한 추출된 최적 설계 파라미터를 이용하여 1.765GHz 대역의 PCS 단말기용 아이솔레이터를 제작한 후 시험하였다.

II. 집중정수형 아이솔레이터의 해석

아이솔레이터는 입력에서 출력단으로 진행되는 전자파는 감쇄없이 전송하고 역방향으로 진행되는 전자파에 대해서는 큰 감쇄(15dB이상)를 갖도록 하는 2 단자 회로망으로 3 단자 회로망인 circulator의 한 단자를 종단(termination)시킴으로써 구현할 수 있다. 아이솔레이터의 기본 재료로 사용되는 페라이트는 일반적으로 $XO \cdot Fe_2O_3$ (X는 Co, Zn, Ni, Mn, Cd 등의 2가의 금속 원소)의 분자식으로 이루어져있다. 페라이트는 준강자성체(ferrimagnetics)의 일종으로 강자성체(ferromagnetics)와 유사한 자기적 성질을 가지나 전기 전도도가 낮다^[6].

페라이트에 직류자계 H_{DC} 가 인가되면 페라이트 내부의 자기쌍극자(magnetic dipole) 모멘트가 H_{DC} 와 같은 방향으로 형성되어 물질 자체의 분자역학구조 및 외부 자계에 의해 세차운동(precession)을 하게되며, 이때의 공진주파수(resonant 또는 Larmor frequency) ω_0 는 다음 식과 같이 주어진다^{[1],[6]}.

$$\omega_0 = \gamma H_{DC} \quad (1)$$

여기에서 γ 는 페라이트의 자계회전율(gyromagnetic ratio)을 나타내는 상수로 2.8MHz/Oe 이다.

일반적인 집중정수형 아이솔레이터의 구성도를 그림 1에 나타내었다. 원판형 페라이트 박편 주변에 RF 자계를 인가시키기 위한 스트립라인을 감싸고 여기에 외부 자계 H_{DC} 를 가하기 위하여 자석을 위치시킨다. 또한 원하는 주파수 대역에서 공진을 일으키기 위하여 유전체로 이루어진 plate 형태의 캐패시터 및 저항을 부착한다. 이와 같은 구성의 외부에는 차폐판(Shield Plate)을 이용하여 자계 차폐를 시킴으로써 원하는 아이솔레이터의 동작 특성을 얻을 수 있다.

페라이트, 자석 및 외부 집중회로소자 L,C에 의해 각 junction에서는 Gyromagnetic 효과가 발생되며 이로 인해 시계방향(-) 및 시계반대방향(+)으로 회전(circulation)하는 입력 RF 신호의 자계성분의 위상이 변화된다.

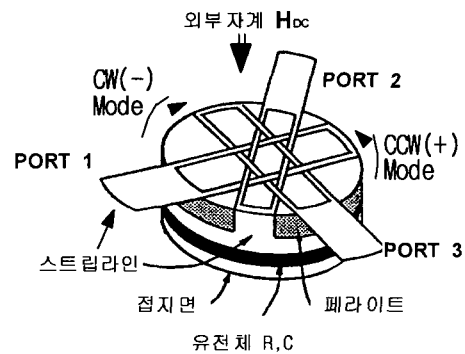


그림 1. 집중정수형 아이솔레이터의 구성도
Fig. 1. Configuration of lumped element isolator.

페라이트 내에서의 각 회전방향에 대한 투자율은 페라이트 물질정수 및 자계 세기에 의존하며 순방향 및 역방향 위상 신호에 대한 페라이트 투자율(Permeability) μ_+ 및 μ_- 는 다음 식으로 주어진다^{[1],[6]}.

$$\mu_{\pm} = 1 + \frac{\gamma \cdot 4\pi M_s}{\gamma \cdot H_{DC} \mp \omega} \quad (2)$$

여기에서 γ 는 페라이트의 자계회전율(gyromagnetic ratio)을 나타내는 상수로 2.8MHz/Oe로 주어지며, $4\pi M_s$ 는 페라이트의 포화자화(Saturation Magnetization), ω 는 입력 RF 신호의 각 주파수를 나타내며 H_{DC} 는 페라이트 내부의 DC 자계강도로서 식 (3)으로 주어진다.

$$H_{DC} = H_{ex} - N \cdot 4\pi M_s \quad (3)$$

여기에서 H_{ex} 는 자석에 의해 바이어스로 인가된 외부 DC 자계강도를 나타내며, N 은 페라이트 역자화율(demagnetization factor)을 나타낸다.

아이솔레이터를 설계하기 위해서는 이와같은 회전효과와 외부의 집중정수 회로소자와의 상호 관계를 동시에 회로적으로 해석하여야 하며 그림 2에 Gyromagnetic 효과를 이용하는 집중정수형 아이솔레이터의 등가 회로를 나타내었다. 그림에서 L_0 는 스트립라인에 의해 형성되는 인덕턴스 성분을 나타내며, C_0 및 R 은 유전체에 형성된 캐패시턴스 및 저항 성분을 각각 나타낸다.

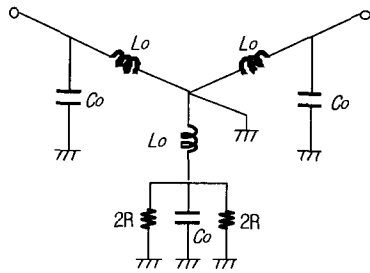


그림 2. 집중정수형 아이솔레이터의 등가회로
Fig. 2. Equivalent circuit of lumped element isolator.

페라이트를 감싸고 있는 스트립라인의 임피던스는 L_0 , μ_+ 및 μ_- 에 의존하며, 회로적인 해석 및 설계를 위해 Port 1에 입력되는 각 신호 성분에 대한 등가 입력 어드미턴스를 그림 3에 나타내었다. 그림으로부터 r 은 스트립라인의 저항성분이며 각 위상입력신호에 대한 입력 어드미턴스는 다음 식으로 주어진다.

$$Y_{\pm} = j\omega C_0 + \frac{1}{j\omega\mu_{\pm}L_0 + r} \quad (4)$$

$$Y_0 = \infty$$

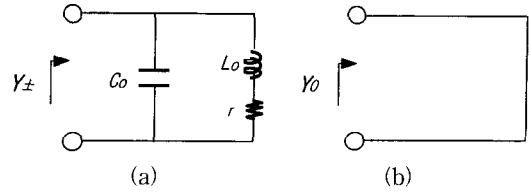


그림 3. 위상입력 성분에 따른 입력 어드미턴스
(a) 순방향 및 역방향 위상입력
(b) zero 위상입력
Fig. 3. Input Admittance of each phase input.
(a) Forward or reverse phase input
(b) Zero phase input

이때 각 위상신호성분에 대한 반사계수는 다음 식으로 주어진다.

$$\Gamma_0 = \frac{1 - y_0}{1 + y_0} = -1$$

$$\Gamma_+ = \frac{1 - y_+}{1 + y_+} = e^{j\theta}$$

$$\Gamma_- = \frac{1 - y_-}{1 + y_-} = e^{j\theta} \quad (5)$$

여기에서 y_+ , y_0 는 각각 Y_+ , Y_0 의 정규화 어드미턴스를 나타내며, 이상적인 아이솔레이션을 위하여 Port 간 S 파라메타는 다음 식을 만족하여야 한다.

$$S_{11} = \frac{1}{3}(\Gamma_0 + \Gamma_+ + \Gamma_-) = S_{22} \quad (6)$$

$$S_{12} = \frac{1}{3}(\Gamma_0 + \Gamma_+ e^{-j120^\circ} + \Gamma_- e^{+j120^\circ}) \quad (7)$$

$$S_{21} = \frac{1}{3}(\Gamma_0 + \Gamma_+ e^{+j120^\circ} + \Gamma_- e^{-j120^\circ}) \quad (8)$$

식에서 주어진 S_{11} 및 S_{22} 는 각각 입력력단의 반사계수(return loss)를 나타내며, S_{12} 는 아이솔레이터의 isolation 계수를 나타낸다. 또한 S_{21} 은 순방향으로 전달되는 신호의 삽입손실(return loss)을 나타낸다.

식(1)~식(5)에 나타난 외부자계, 투자율 및 외부 집중정수회로소자의 값들을 변화시켜 원하는 주파수 대역에서 아이솔레이터의 동작 특성을 나타내는 S 파라메타를 갖도록 함으로써 집중정수형 아이솔레이터를 설계할 수 있다.

III. 집중정수형 아이솔레이터의 설계

이상에서 고찰한 아이솔레이터의 특성을 이용하여 본 논문에서는 국내의 PCS (Personal Communication Service) 단말기에 적합한 소형 아이솔레이터를 설계하였다. 표 1에 설계하고자 하는 아이솔레이터의 주요 성능들을 나타내었다.

표 1. PCS 단말기용 아이솔레이터의 설계규격
Table 1. Design Specifications of Isolator for PCS Phone.

성능 항목	단위	설계 목표	경쟁제품	비 고
사용온도	°C	-20 ~ +75	-20 ~ +75	
Size	mm	7.0 x 7.0 x 2.3	7.1 x 7.2 x 2.8	
Volume	cc	0.12	0.14	
Weight	g	0.6	0.7	
Isolation	dB	15	15	S ₂
Insertion Loss	dB	0.5	0.7	S ₁
Return Loss	dB	14	14	S ₁₁ , S ₂₂
중심주파수	MHz	1765	1765	
전달대역폭	MHz	30	30	
최대 전력	순방향	W	2.0	
	역방향	W	0.5	

표에 나타난 것처럼 단말기에 사용되기 위하여는 크기 및 무게가 소형이어야 하며, 전달 대역폭 30 MHz 내에서 15 dB 이상의 isolation 특성을 나타내어야 하고, 삽입손실은 0.5 dB 이하로 설계되어야 한다. 아이솔레이터의 대역폭은 사용하는 페라이트의 선폭 ΔH, 스트립라인 인덕턴스의 Q 값 및 캐패시터의 Q 값에 의존한다. 세라믹 콘덴서의 경우 Q 값은 무시할 수 있을 정도로 매우 크고 페라이트의 선폭 ΔH는 페라이트 재질 선정시 결정되는 변수이므로 설계시 상수로 간주하여도 무관하다.

설계에 사용된 스트립라인의 구조는 그림 4에 나타난 것처럼 disk 형의 페라이트를 대칭적으로 감쌀 수 있는 구조로 하였으며, DC 자계가 페라이트에 효과적으로 bias 될 수 있도록 미소 선폭을 갖도록 하였다. 그림에서 나타난 실제 치수는 설계과정을 통하여 얻어진 실제 크기를 나타낸다. 폭 w, 길이 l, 두께 h 인 구리(Cu) 재질 스트립라인의 인덕턴스 L 및 Q 값은 다음 식으로 구할 수 있다^[4].

$$L = 0.2l \left[\ln \frac{l}{w+h} + 1.193 + 0.2235 \frac{w+h}{l} \right] \quad (9)$$

$$Q_{(cu)} = 4.81 \times 10^7 f^{1/2} \frac{L}{k} \frac{w+h}{l} \quad (10)$$

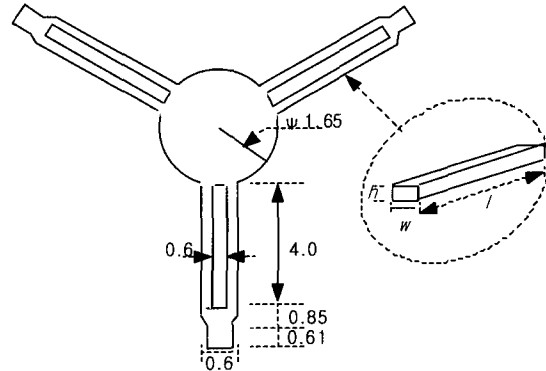


그림 4. 스트립라인 구조 및 크기 (단위:mm)
Fig. 4. Structure and dimension of stripline (in mm).

페라이트는 포화자화(saturation magnetization, 4π Ms)가 950 Gauss, 선폭(ΔH)이 45 Oe, 고유 투자율이 30, 직경 ϕ3.3mm 인 Y3 계 Garnet 페라이트를 사용하였다. 또한 Bias용 자계원으로는 자계강도가 2750 Oe 인 직경 ϕ5.5mm의 FB5H 계열 자석(magnet)을 사용하였다.

시뮬레이션에 사용된 주요 변수는 집중정수형 아이솔레이터의 물질상수, 각 입력단의 병렬 capacitance, 페라이트의 반경 및 두께^[7], 포화자화, 스트립라인의 넓이 및 두께^[9], 직류자계의 세기 등이다. 식(1)~식(10)을 이용하여 PCS band 중심주파수인 1765MHz 대역에서 표 1의 시스템 성능 및 최적의 산란계수를 갖도록 변수들을 최적화할 수 있는 프로그램을 작성하고 시뮬레이션하였다. 표 2에는 최적화 과정을 통하여 결정된 주요 설계변수값들을 나타내었다.

그림 5 및 그림 6은 최적화된 변수를 사용하였을 경우의 Return Loss (S₁₁, S₂₂), isolation (S₁₂) 및 삽입손실(S₂₁)을 Smith Chart 및 Polar plot 한 결과이다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 설계된 아이솔레이터는 PCS band 중심주파수인 1765MHz 대역에서 원하는 성능을 지니고 있음을 알 수 있다.

표 2. 최적화된 설계 변수값

Table 2. Optimized design parameters.

변 수 명	변수값
입력단 병렬 capacitance(C_0)	3.0 pF
스트립라인 크기 w x l x h (mm)	4.0 x 0.3 x 0.02
스트립라인 수	2 개
스트립라인 재질	동 (copper)
Magnet 외부자계	2750 Oe
Ferrite 포화자계	950 G

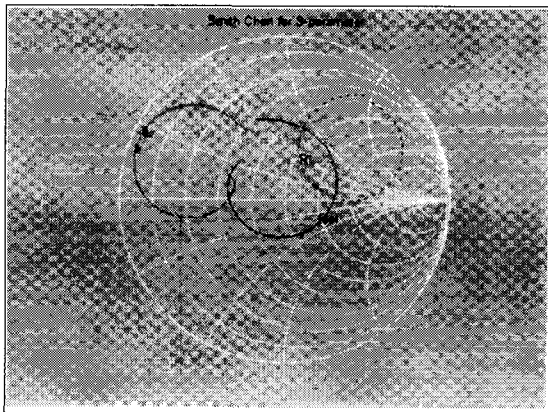


그림 5. 설계된 아이솔레이터의 S 파라미터 특성 (Smith Chart)

Fig. 5. S parameters of designed isolator (Smith Chart).

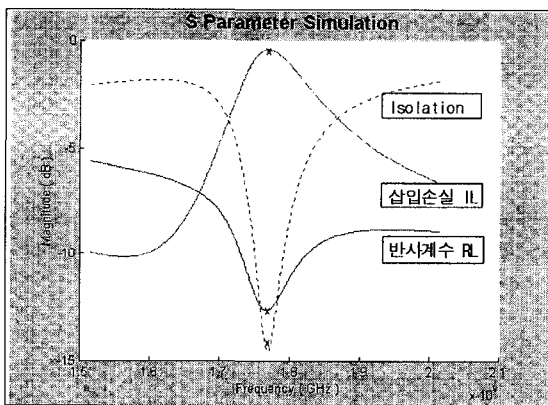


그림 6. 설계된 아이솔레이터의 성능 특성 (Polar Plot)

Fig. 6. Performances of designed isolator (Polar Plot).

IV. 제작 및 시험

1. 아이솔레이터의 제작

지금까지의 이론적 해석 및 최적화 시뮬레이션 과정을 통하여 얻은 결과를 토대로 중심주파수 1.765 GHz, 하한 및 상한 주파수가 각각 1.750GHz와 상한 1.780GHz 이며 사용대역폭은 30MHz인 국내 PCS 단말 기용 소형 아이솔레이터를 구성하고 실험하였다.

기존 제품들은 Plate type (판형) capacitor를 사용하여 아이솔레이터를 구성하였으나 본 연구에서는 양산성 및 신뢰성 보안을 위하여 PCB 표면에 상용 Chip type 캐패시터 및 저항을 부착하는 방법을 사용하였다.

그림 7에는 구성된 아이솔레이터의 구성도를 나타내었다. 최하층에는 단말기의 모(mother) PCB에 부착시키기 위한 Solder Pad 등이 Housing을 통하여 구현되어 있으며, 자석으로부터 발생하는 자계를 Shield 하기 위하여 하부 shield plate를 위치시켰다. 이 plate 위쪽에 스트립라인이 부착되며 스트립라인 중심에 ferrite를 위치시키고 스트립라인 rib 들을 각각 120도 방향으로 겹쳐 감은 후 PCB 에 부착시켰다. PCB 상에는 동작주파수에서 Field Circulation 및 Isolation이 가능하도록 Chip 캐패시터 및 저항이 부착되며, PCB 상의 입출력 단 및 접지단은 Housing 내에 위치한 연결용 rib를 통하여 최하층 solder pad로 연결하였다. 이 assembly 위에 자계 bias 용 자석을 위치시키고 자계 Shield를 위한 상부 Shield Plate를 놓은 후 하부 Shield Plate와 전기적으로 연결하여 제작하였다.

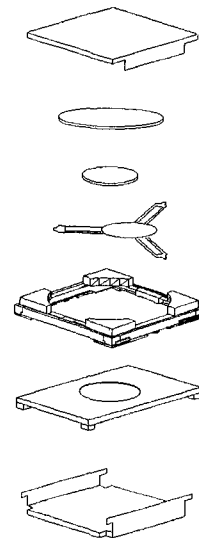


그림 7. 아이솔레이터 의 구성도

Fig. 7. Configuration of implemented isolator.

그림 8은 7.0×7.0×2.3 mm 크기로 제작한 아이솔레이터의 실제 사진이다.

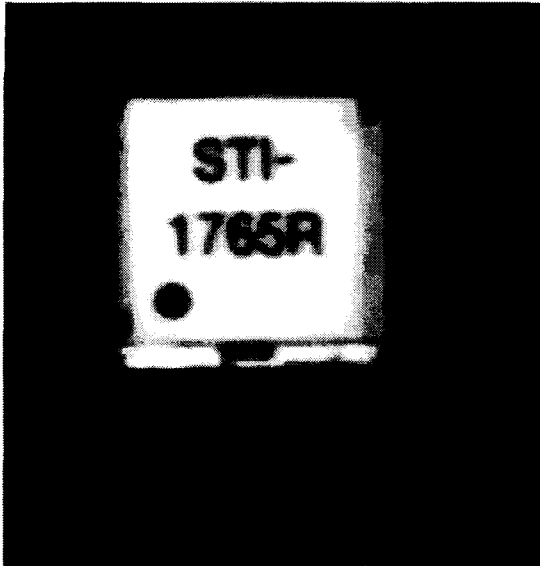
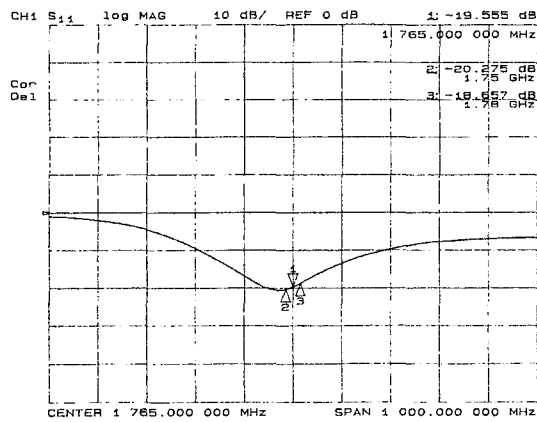


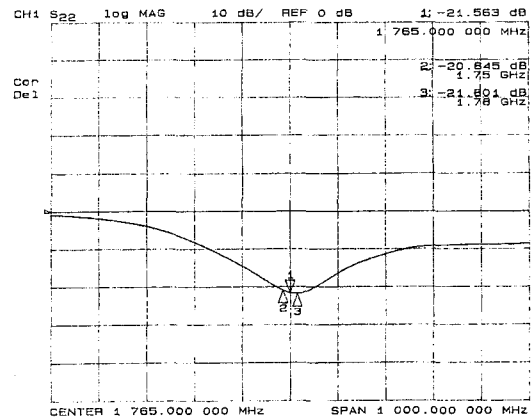
그림 8. 제작된 아이솔레이터 사진
Fig. 8. Photograph of fabricated isolator.

2. 시험 및 결과분석

특성 측정은 Network Analyzer HP8765E를 이용하였으며, 효율적인 시험을 위하여 시험용 Jig를 특수 제작한 후 시험하였다. 측정 데이터 상의 주파수는 Center frequency 1.765GHz, Span 1GHz로 하였으며, Marker 1은 center frequency를 나타내고 marker 2와 3은 PCS 주파수 대역인 하한 1.750GHz와 상한 1.780GHz를 나타낸다.



(a)



(b)

그림 9. 입출력단 반사계수 S_{11} , S_{22}

(a) 입력단 S_{11} (b) 출력단 S_{22}

Fig. 9. Return loss of Input and output port (S_{11} , S_{22})

(a) Input port (S_{11}) (b) Output Port (S_{22})

그림 9 (a) 및 (b)는 구성된 아이솔레이터의 입출력단 반사계수 S_{11} 및 S_{22} 특성으로 중심주파수에서 약 -20 dB의 특성을 나타내었고 30MHz 동작 대역폭 내에서도 약 -19dB 이하이었다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 주파수 상의 약간의 오차가 존재하였으나 이는 아이솔레이터 동작 특성에는 크게 영향을 미치지 않는다.

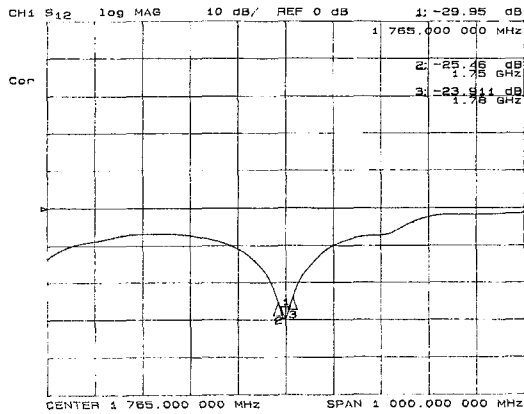
그림 10 (a)~(b)는 출력->입력간의 전력 Isolation을 나타내는 S_{12} 로서 Polar Plot 및 Smith Chart로 나타내었다. S_{12} 는 아이솔레이터가 지녀야할 가장 중요한 성능으로 그림에서 알 수 있는 것처럼 중심주파수에서 약 29.95 dB의 Isolation을 나타내며, 30MHz 동작 대역폭 내에서도 약 24 dB 이상의 특성을 나타내 기존 경쟁사 제품에 비해 (15dB) 월등히 우수한 성능 특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

그림 11 (a)~(b)는 입력->출력간의 전력 전달을 나타내는 S_{21} 특성을 보였다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 중심주파수에서 약 0.33 dB의 손실을 나타내며, 30MHz 동작 대역폭 내에서도 약 0.35 dB 이하의 손실을 지니 기존 경쟁사 제품에 비해 (0.5dB) 우수한 전달 특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

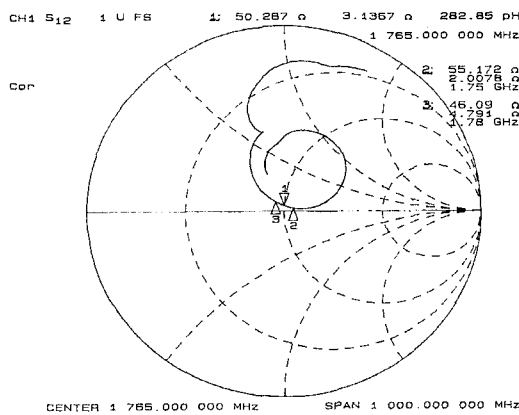
구현 제품의 온도변화시 특성변화를 TC-1095 온도 Chamber에서 측정하였다. -20~+75°C 온도 변화시 isolation 특성이 30MHz 대역 내에서 약 ±1.5 dB의 편차를 지녔으며, 기타 RF 특성에는 큰 변화가 없었다.

본 논문에서는 PCB 상에서 발생하는 edge effect, inductor Q 값 등을 고려하지 않고 설계하였으나 실제 구현시에는 은도금을 이용하여 최저 loss와 최대의 Q 값을 구현함으로써 설계치에 비해 우수한 실험 결과를 얻을 수 있었던 것으로 생각된다.

지금까지의 실험 결과로 비추어 볼때 본 연구에서 구현된 아이솔레이터는 기존 Murata, TDK 등의 경쟁사 제품에 비해 우수한 성능 특성을 지니고 있어 PCS 단말기에 매우 적합한 제품임을 알 수 있었다.

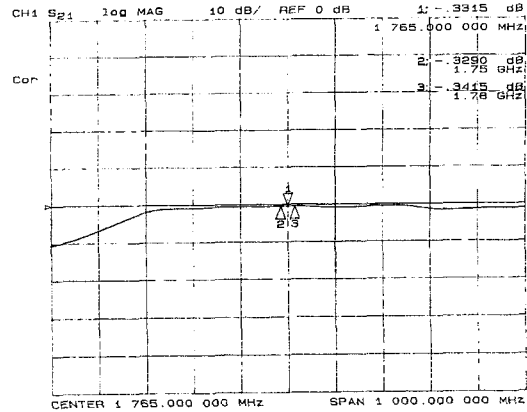


(a)

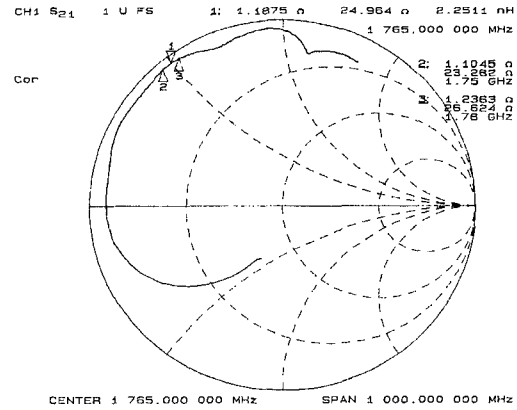


(b)

그림 10. 출력->입력간의 Isolation S_{12}
 (a) Polar Plot (log scale) (b) Smith Chart
 Fig. 10. Isolation S_{12} of Output-to-input port.
 (a) Polar Plot (log scale) (b) Smith Chart



(a)



(b)

그림 11. 입력->출력간의 Insertion Loss S_{21}
 (a) Polar Plot (log scale) (b) Smith Chart
 Fig. 11. Insertion loss S_{21} of Input-to-output port
 (a) Polar Plot (log scale) (b) Smith Chart

V. 결 론

본 연구에서는 집중정수형 아이솔레이터를 회로적으로 해석하고 자성체의 자계강도, 페라이트의 포화자화 (saturation magnetization) 및 선폭, 스트립라인의 크기 및 구조, 각 단에 연결되는 캐패시터 값들을 변수로 하여 최적의 산란계수 및 시스템 성능을 갖도록 설계할 수 있는 프로그램을 작성한 후 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 삽입손실, 분리도, 반사손실은 중심주파수에서 이론치와 잘 일치함을 알 수 있었다.

시뮬레이션 과정에서 추출된 설계값을 이용하여 $7.0 \times 7.0 \times 2.3 \text{mm}^3$ 의 크기를 갖는 한국의 PCS 단말기용 1.765GHz 대역의 소형 아이솔레이터를 제작, 시험하였

다. 시험결과, 아이솔레이터의 입출력단 반사계수 S_{11} 및 S_{22} 는 중심주파수에서 약 -20 dB의 특성을 나타내었고 30MHz 동작 대역폭 내에서도 약 -19dB 이하이었다. 아이솔레이터의 성능 중에서 가장 중요한 성능 Factor인 출력->입력간의 전력 Isolation S_{12} 는 중심주파수에서 약 29.95 dB이었고, 30MHz 동작 대역폭 내에서도 약 24 dB 이상으로 기존 경쟁사 제품(15dB)에 비해 월등히 우수한 성능 특성을 지니고 있음을 알 수 있었다. 입력->출력간의 전력 전달을 나타내는 S_{21} 특성은 중심주파수에서 약 0.33 dB의 손실과 30MHz 동작 대역폭 내 약 0.35 dB 이하로 기존 경쟁사 제품(0.5dB)에 비해 우수한 전달 특성을 지니고 있었다.

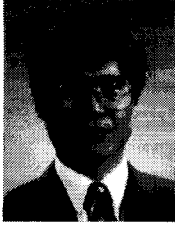
실험 결과로 비추어 볼때 본 연구에서 구현된 아이솔레이터는 기존 Murata, TDK 등의 경쟁사 제품에 비해 우수한 성능 특성을 지니고 있어 PCS 단말기에 매우 적합한 제품임을 알 수 있었다.

앞으로 온도에 따른 특성변화가 적은 자성체 및 페라이트 재료가 개발되고 동시에 박막 기술 등의 미세 가공기술이 적용된다면 더욱 우수한 특성의 소형 아이솔레이터 구현이 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Douglas K. Linkhart, *Microwave Circulator Design*, Norwood:Artech House, 1989.
- [2] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [3] H. Bosma, "On stripline Y-circulation at UHF," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-12, pp. 61-72, 1964.
- [4] Y. Konishi, "Lumped element Y circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*. vol. MTT-13, pp. 825-964, 1965.
- [5] H. Knerr, "A Proposed Lumped-Element Switching Circulator Principle," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol MTT-20 (6), pp. 396-401, 1972.
- [6] A. J. Baden Fuller, *Ferrite at Microwave Frequencies*, Peter Peregrinus, London, 1987.
- [7] Y. S. Wu, Fred J. Rosenbaum, "Wide-band Operation of Microstrip Circulators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-22, pp. 849-856, 1974.
- [8] J. Helszjn, and M. McDermott, "The inductance of a Lumped Constant Circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-18 (1), pp. 50-52, 1970.
- [9] J.Deutsch and B. Wieser, "Resonance Isolator and Y Circulator with Lumped Element at VHF," *IEEE Trans. Magnetics*, vol.MAG-2(3), pp. 278-282, 1966.
- [10] R.H. Knerr, C. E. Barnes, and F. Bosch, "A compact broad band thin-film lumped-element L-band circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*. vol. MTT-18, pp. 1100-1108, 1970.
- [11] J.C. Bergman and C.Christenson, "Equipment circuit for a Lumped-Element Y Circulator, ", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-16(5), pp.308-310, 1970.
- [12] Y. Konishi, "Design of a New Broad-Band Isolator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-19 (3), pp. 260-269, 1971.
- [13] H. Knerr, "An Improved Equivalent Circuit for the Thin Film Lumped-Element Circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-20 (7), pp. 446-452, 1972.
- [14] F.E.Terman, *Radio Engineer's Handbook*, McGraw-Hill, NY, 1943.

저 자 소 개



權元鉉(正會員)

1983. 2 연세대학교 전자공학과 공학사. 1985. 2 연세대학교 대학원 공학 석사. 1990. 8 연세대학교 대학원 공학 박사. 1990. 9~1994. 2 삼성전자 선임연구원. 1994. 3~현재 안양대학교 정보통신공학과 조교수. 주

관심분야 : 이동통신 및 전파전파, RF 회로 및 부품설계, SDR 등



金泰賢(正會員)

1998. 2 안양대학교 정보통신공학과 공학사. 1998. 11~현재 (주)스타트텔레콤 부설연구소 연구원. 주 관심분야 : 이동통신 및 전파전파, RF 회로 및 부품설계, SDR 등



李泳勳(正會員)

1986. 2 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1988. 8 : 연세대학교 전자공학과(공학석사). 1995. 2 : 연세대학교 전자공학과(공학박사). 1995. 3~현재 호남대학교 전파공학과 조교수. 주 관심분야 : 마이크로파 수

동 및 능동소자, 안테나, 전자장 해석