

이동통신 단말기용 소형 아이솔레이터 특성 및 설계에 관한 연구

A Study on the Small Isolator Characteristics and Design of Mobile Phones

이 영 훈* · 권 원 현**

Young-Hun Lee* · Won-Hyun Kwon**

요 약

본 논문에서는 집중정수형 아이솔레이터의 특성분석을 위하여 페라이트 포화자계, 외부 DC자계, 스트립선로 규격 등을 고려한 산란행렬을 이용하여 프로그램을 작성하여 정량적으로 분석하였으며, 이동통신 단말기에 사용할 수 있는 소형 아이솔레이터를 설계하고, 설계된 최적 파라미터를 이용하여 셀룰라 단말기용 소형 아이솔레이터를 제작하고 실험하였다.

수치해석 결과 외부 R, C, 스트립선로 길이와 폭, 페라이트 두께, 포화자화에 의해서 임피던스와 산란계수와 위상 특성이 민감하게 변화함을 확인하였다. 최적화된 프로그램을 이용하여 셀룰라, PCS 단말기용 소형 아이솔레이터의 규격을 제시하였으며, 셀룰라 단말기용 아이솔레이터를 제작 실험하여 삽입손실 0.7 dB 이하, 반사손실 20 dB 이상, 격리도 20 dB에서 밴드폭이 44 MHz로 측정되며, 기존의 제품에 비하여 우수한 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, it is analyzed lumped element isolators analytically by the analysis program using scattering matrixes including ferrite saturation magnetization, external direct current magnetic field and strip line length and width, designed and experimented the small isolator of mobile phone.

The simulation results show that the characteristics of the isolator are affected by external R, C, length and width of strip line and ferrite width and saturation magnetization sensitivity. We proposed the isolator specification applied cellular and PCS mobile phones, experimented the isolator for cellular mobile phones. From the experimented result, isolation and return loss are measured below 20 dB, insertion loss is below 0.7 dB, bandwidth is about 44 MHz at center frequency 836.5 Mhz. The implemented isolator has better performances than the conventional one.

Key word : isolator, PCS mobile phone, Lumped element, cellular mobile phone.

I. 서 론

최근 이동통신 기술의 급속한 발전함에 따라 서

비스의 다양화에 의하여 이동통신의 수요가 급증하고 있다. 무선통신을 위한 이동통신 기지국 및 단말기용 RF(Radio Frequency) 부품에 관한 연구가 활발

「본 연구는 한국산업기술평가원의 공업기반기술개발사업에 의하여 수행되었습니다.」

*호남대학교 전파공학과(Dept. of Radio Comm., Honam Univ.)

**안양대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Comm., Anyang Univ.)

· 논문 번호 : 20000214-016

· 수정완료일자 : 2000년 11월 28일

히 진행되고 있다. 단말기 및 기지국에서 송신 신호는 전력증폭기를 경유하여 고 전력 신호를 필터, 듀플렉서 혹은 RF 스위치 등을 통하여 안테나에 전달된다. 부품간의 부 정합 및 부품의 열화에 의한 반사파가 전력증폭기로 재입력되어 RF성능저하와 통신시스템을 파손하게 된다. 이를 방지하기 위하여 특정방향으로 신호가 전달되는 아이솔레이터를 사용하여야 한다^{[1]-[13]}.

서큘레이터(Circulator)의 3개 단자 중 1개의 단자를 50Ω 으로 정합하여 아이솔레이터를 구현한다. 아이솔레이터는 직류 자계를 발생키는 자석과 페라이트와 RF신호의 전송로인 스트립선로 및 동축선로를 사용하여 구현한다. 아이솔레이터는 전력과 주파수에 따라서 도파관, 동축선로, 스트립선로형태로 구현되며, 구현방식에 따라서 해석방법이 다르다. 스트립선로를 이용하여 구현된 아이솔레이터의 해석은 크기와 구성방법에 의하여 모드 이론에 의한 해석, 분포정수회로 모델에 의한 해석, 집중소자 모델에 의한 해석방법을 사용하고 있다.

현재 사용하는 이동통신용 주파수 대역에서 단말기용 아이솔레이터는 소형화가 용이한 집중정수형의 아이솔레이터를 사용한다. 반면 모드해석과 분포정수 해석방법에 의한 분포정수형 아이솔레이터는 이동통신 기지국에 사용되며, 크기 및 사용전력에서 집중정수형보다 크다. 집중정수형 아이솔레이터는 1960년대 Konish^{[2][6]}가 처음 제안하였으며, 그후 여러 사람에게 의해서 연구가 수행되었다. 아이솔레이터는 페라이트를 금속선으로 감아서 인덕턴스를 구현하고 외부자석과 캐패시터에 의해서 공진한다.

서큘레이터는 m포트의 회로망이며, m포트 회로망은 산란행렬이나 임피던스행렬로 표현된다. 이상적인 아이솔레이터 산란행렬의 고유치(eigen value)와 고유벡터(eigen vector)를 이용하여 아이솔레이터를 설계할 수 있다^{[9]-[14]}.

지금까지의 집중소자형 아이솔레이터는 금속선의 회선 수, 페라이트의 유전율에 의한 특성임피던스를 구하여 아이솔레이터를 설계하였다. 그러나 페라이트 특성에 핵심적인 영향을 주는 페라이트의 포화자화율, 스트립선로의 두께와 폭에 의한 정확한 인덕턴스의 값을 구할 수 없으며, 또한 외부자석에 의한 직류자계, 캐시터 등에 의한 아이솔레이터의

특성변화 등을 정량적으로 분석할 수 없는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 페라이트의 포화자화(saturation magnetization), 직류자계의 세기, 각 포트에 연결되는 C값, 스트립선로 폭과 넓이를 변수로 하여 아이솔레이터 특성분석을 위한 프로그램을 작성하였으며, 이를 이용하여, 스트립 선로, 페라이트, 캐패시터에 의한 아이솔레이터 특성을 정량적으로 분석하였다. 본 연구의 객관성을 증명하기 위해서 최적의 셀룰라, PCS 단말기용 아이솔레이터를 설계하였으며, 본 논문의 객관성을 입증하기 위하여 중심주파수 836 MHz에서 이동통신 단말기용 소형 아이솔레이터를 제작 및 실험하였다.

II. 집중정수형 아이솔레이터

2-1 집중정수형 아이솔레이터의 구조

집중정수형 아이솔레이터^{[2],[5]}는 그림 1과 같이 페라이트 판 위에 3개의 코일이 감겨 있는 구조로 되어 있다. 각 코일의 자계는 서로 120° 의 각을 가지며 서로 절연이 되도록 꼬인 3쌍의 도체 선은 한 쪽을 접지하여 페라이트 디스크내의 강한 RF자계를 만들어 주도록 한다.

페라이트의 직경을 파장보다 훨씬 작게 하면 페라이트 내부에는 자계만 존재하는 것으로 근사화

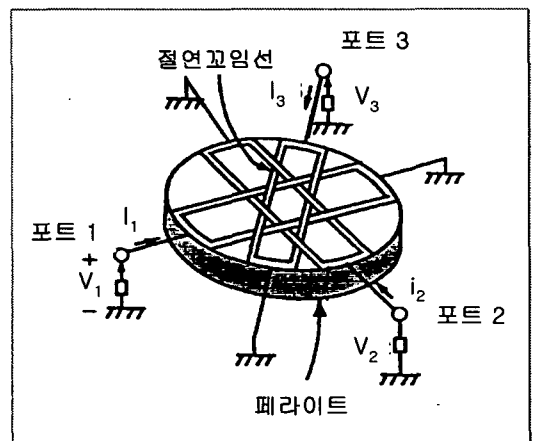


그림 1. 집중정수형 아이솔레이터 구조
Fig. 1. Structure of lumped element isolators.

시킬 수 있다. 아이솔레이터는 실제로 실수의 저항 값에서 동작하므로 페라이트내에 저장된 자계 에너지는 같은 양의 전계 에너지로 상쇄시킨다. 저장된 자계 에너지를 공진시키기 위해서는 페라이트 디스크 외부에 캐패시터를 달아주어야 한다^{[1]~[13]}.

집중정수형 소자를 이용한 경우에는 전압, 전류, 임피던스 관계를 이용함으로써 해석이 용이하나 상대적으로 작은 공진 회로를 사용하므로 Q(Quality Factor)가 낮아 삽입손실은 Junction 형태의 아이솔레이터보다 크다. 집중정수형 아이솔레이터 공진기는 직렬 혹은 병렬형태로 구성할 수 있으며, 비가역 결합은 도체선으로 이루어진 인덕턴스의 상호결합에 의해서 생긴다. 페라이트에 수직방향으로 자화된 경우 도체선들이 페라이트 공진기에 놓이게 되면 비가역 결합이 이루어진다. 여기서 효과적인 회전(Circulation)이 이루어지려면 LC공진기들의 회전적(gyrate)결합이 커야 한다^{[1]~[13]}.

2-2 집중정수형 아이솔레이터의 해석

아이솔레이터는 그림 2와 같이 X축과 Y축에 위치한 페라이트 판(plate) 위에 각각 N번 감긴 코일 3개가 서로 120°의 각을 이루어 교차하고 있으며, 자석에 의한 직류자계는 평면에 수직 방향인 Z축 방향으로 인가하였다.

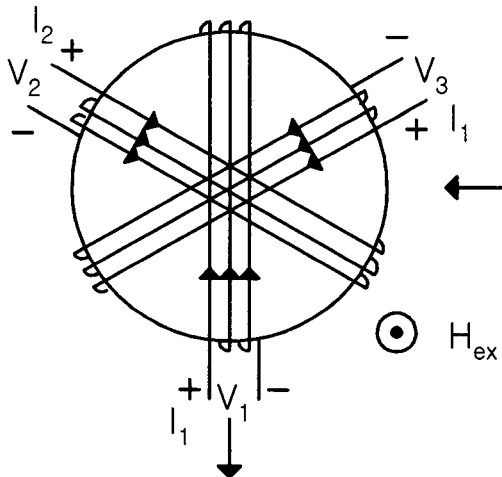


그림 2. 아이솔레이터의 전자계
Fig. 2. Electormagnetic field of the isolator.

이때 각각의 입력단자에 인가된 전류는 I_1, I_2, I_3 이고, 전압을 V_1, V_2, V_3 일 때, Faraday 법칙에 의하여 각 단의 전압은^[3]

$$\begin{aligned} V_1 &= j\omega NSB_x \\ V_2 &= j\omega NS(-B_x - B_y\sqrt{3})/2 \\ V_3 &= j\omega NS(-B_x + B_y\sqrt{3})/2 \end{aligned} \quad (1)$$

이며, 여기서 N은 권선 수, S는 자속이 통과하는 면적이며, 이때 자계 성분은 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$\begin{aligned} H_x &= \frac{N}{l}(I_1 - 0.5I_2 - 0.5I_3) \\ H_y &= \frac{N}{l}(-0.5\sqrt{3}I_2 + 0.5\sqrt{3}I_3) \\ H_z &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

페라이트 텐서의 투자율과 자계와 자속밀도와의 관계를 식 (1)에 대입하면 전압과 전류의 관계식이 얻어진다.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ \gamma & \alpha & \beta \\ \beta & \gamma & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서 $\alpha = j\omega L_o$, $\beta = \omega L_o(-j\mu - x\sqrt{3})/2$, $\gamma = -\beta^*$ 이다. 따라서 식 (3)을 이용하여 집중정수형 아이솔레이터를 임피던스 행렬로 표현하면 식 (4)와 같이 표현할 수 있다. 본 연구에서 제안한 구조는 임피던스 행렬을 구하고, 이를 이용하여 아이솔레이터의 특성을 분석하게 된다.

$$[z] = \begin{bmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ \gamma & \alpha & \beta \\ \beta & \gamma & \alpha \end{bmatrix} \quad (4)$$

2-3 집중정수형 아이솔레이터의 고유치 해석

아이솔레이터는 m-port 비가역성 특성을 갖고 있으므로 입출력 전압 전류 관계인 임피던스 고유치를 이용하여 아이솔레이터의 특성분석에 널리 사용되고 있다. 대칭구조를 갖는 아이솔레이터의 고유벡터는^{[9]~[14]}

$$a_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, a_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}, a_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ b_2 \\ b_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$b_1 = \omega L_o(-j\mu + x\sqrt{3})/2, \quad b_2 = \omega L_o(-j\mu - x\sqrt{3})/2$$

이며, 아이솔레이터의 산란행렬 및 임피던스 행렬은 집중정수형의 경우 비가역적으로 결합된 페라이트에서 전류, 전압관계식을 간단하게 유도할 수 있으며 필요시 이것을 산란행렬식으로 나타낸다.

아이솔레이터의 구조의 임피던스 행렬로부터 고유치를 계산하여 이것을 이상적인 아이솔레이터의 고유값과 외부의 회로요소들이 회전(circulation)에 미치는 영향을 알 수 있다. 대칭구조의 3포트의 고유벡터는 다음과 같이 주어진다^{[2],[4]~[8]}.

$$[[z_n] - \lambda_n[I]] = 0 \quad (6)$$

여기서 $[I]$ 는 unity 벡터이며, λ_n 임피던스의 고유값이다. 회전(circulation) 조건은 산란행렬 고유치 s_n 의 위상이 서로 120° 씩 벌어져 있을 경우에 해당되므로 s_n 을 이용하여 회전(Circulation) 조건을 찾을 수 있다. 산란계수 s_n 은 임피던스 행렬의 고유치 λ_n 으로부터 다음의 관계식을 이용하여 구할 수 있다^{[2]~[7]}.

$$s_n = (1 - \lambda_n/Z_o)(1 + \lambda_n/Z_o)^{-1} \quad (7)$$

여기서 Z_o 는 각 포트에 연결된 선로의 특성 임피던스이다. 앞에서 분석한 각 구조에 대한 임피던스 행렬은 일반적으로 식 (4)와 같이 표현된다. 따라서 식 (4)~(7)을 이용하면, 페라이트 규격, 외부 직류 자계 H_{ex} , 스트립선로, 공진을 위하여 부착하는 C, R_0 에 의해서 아이솔레이터의 특성변화를 확인하며, 원하는 주파수 대역에서 아이솔레이터를 설계할 수 있다.

III. 수치해석

본 연구에서 제안한 아이솔레이터의 등가회로는 그림 3과 같으며, 각 포트(port)에 Z_o 의 특성임피던스가 연결되어 있고, 격리 포트에는 임피던스 매칭

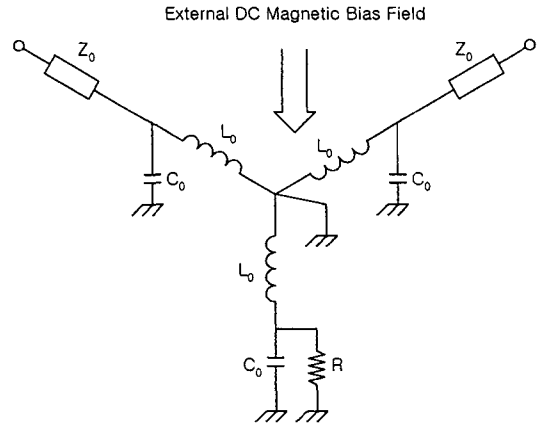


그림 3. 제안된 아이솔레이터의 등가회로
Fig. 3. Equivalent circuit of the proposed isolator.

을 위하여 병렬로 C_0 와 R 를 연결하였다. 그림 3에서 L_o 는 페라이트를 감싸고 있는 스트립선로와 외부 자계 H_{ex} , 페라이트 규격에 의해서 형성되는 인덕턴스 성분이다.

수치해석은 직접 작성한 프로그램을 사용하였으며, 페라이트, 스트립선로, 외부 직류 자계 H_{ex} , 터미널 R, C 에 의한 아이솔레이터의 특성을 분석하며, 분석된 값을 이용하여 아이솔레이터 특성인 삽입손실, 밴드 폭, 격리 등에 만족하는 페라이트 크기, 스트립선로 규격, DC 자계크기 등 아이솔레이터의 규격값을 추출하는데 목적이 있다.

본 논문에서 아이솔레이터의 설계를 위한 수치해석의 흐름도는 그림 4와 같다. 먼저 아이솔레이터의 특성을 결정하는 주파수, 페라이트, 스트립선로, 직류 자계의 규격을 설정한 후 이를 이용하여 아이솔레이터의 고유값을 계산하여 입력임피던스를 산출하며, 이를 이용하여 격리 단의 R, C 를 결정하여, 아이솔레이터의 특성인 삽입손실, 반사손실, 격리도 등의 값을 얻는다. 이를 이용하여 전체적인 아이솔레이터의 특성을 분석하였으며, 이동통신 단말기용 소형 아이솔레이터의 설계에 적용하였다.

그림 5는 페라이트 두께, 스트립 선로길이와 폭, 페라이트 규격, 외부 DC 자계에 의한 입력임피던스의 변화를 나타내고 있다. 이때 $4\pi M_s$ 는 $750[\text{Gauss}]$, 외부 DC 자계는 $2100[\text{Oe}]$, ΔH 는 $45[\text{Oe}]$, 스트립

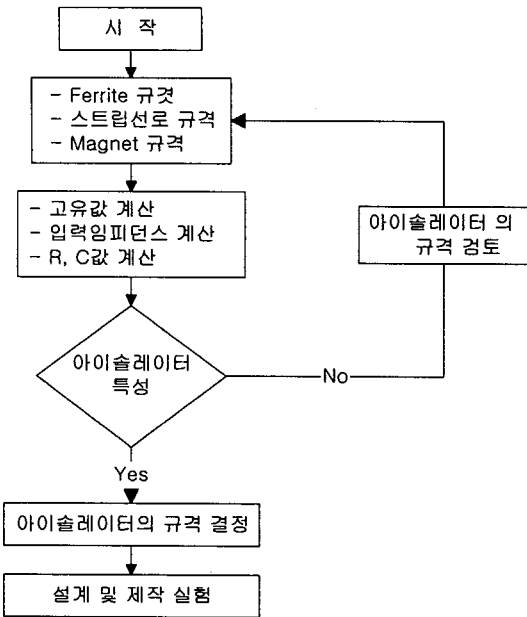


그림 4. 수치해석 흐름도

Fig. 4. Flow chart of numerical analysis.

선로 두께는 0.2[mm], $C_0=3$ [pF]이다. 그림 5(a)는 아이솔레이터의 LC공진을 위하여 외부에 병렬로 연결된 C 값에 의해서 공진주파수가 변화함을 나타내고 있으며, C 값이 1pF 증가에 의해서 중심주파수가 240 Mhz 이동하였다. 그림 5(b)는 선로길이는 3.3 mm, 선로폭은 0.3 mm, 페라이트 직경이 3.3 mm일 때 페라이트 두께에 의한 입력임피던스의 변화를 나타내고 있다. 이 경우 페라이트 두께가 0.1 mm 증가할 경우에 공진주파수가 265 MHz 감소함을 알 수 있다. 이것은 페라이트 두께에 의해서 페라이트내에 저장하고 있는 에너지의 변화에 의해서 인덕턴스의 값이 증가하고 있음을 나타내고 있다. 그림 5(c)는 스트립 선로폭은 0.3 mm, 페라이트 두께는 0.4 mm일 때 스트립 선로길이가와 페라이트 직경의 변화에 의한 입력임피던스의 변화를 보여주고 있다. 선로길이가 0.1 mm 증가할 경우에 아이솔레이터의 공진주파수가 440 Mhz 감소하고 있음을 나타내고 있다. 그림 5(d)는 스트립 선로길이가 3.3 mm, 페라이트 두께는 0.4 mm일 때 스트립 선로폭의 변화에 의한 입력임피던스의 변화를 보여주고 있다. 선로폭이 0.1 mm 증가에 의하여 아이솔레이

터의 공진주파수가 200 Mhz 증가함을 나타내고 있다. 수치해석 결과로부터 페라이트규격과 스트립선로의 규격의 변화에 의해서 페라이트내의 인덕턴스 L. 값이 민감하게 변화됨으로 공진 주파수가 이동하게 된다. 그러므로 아이솔레이터 설계시 이들의 변화를 보완하여 아이솔레이터의 특성을 갖도록 설계하는데 적용할 수 있다.

그림 6은 격리 포트에 사용되는 R의 변화에 의한 삽입손실의 변화를 나타내고 있다. 이때 R은 격리 포트에서 반사손실을 없애기 위하여 사용되며, 또한 삽입손실과 밴드폭에 미세하게 영향을 준다. 그러므로 최상의 효과를 얻기 위해서 입력, 출력 포트의 특성임피던스가 50 Ω 이 되도록 조정하여야 한다.

IV. 설계 제작 및 실험

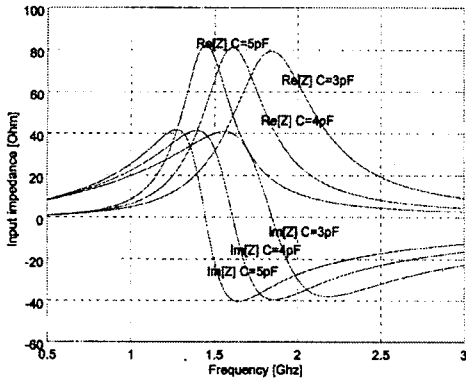
4-1 아이솔레이터 설계

본 논문에서는 셀룰라와 PCS(Personal Communication Service) 단말기에 사용할 수 있는 아이솔레이터를 설계하였다. 표 1은 본 논문에서 설계하는 아이솔레이터의 규격이다.

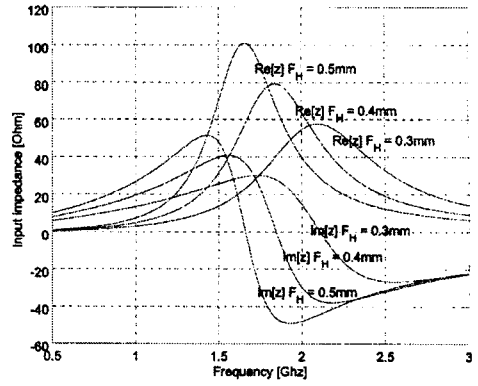
설계를 위하여 표 2에서와 같이 PCS용은 페라이트 포화자화(saturation magnetization, $4\pi M_s$)는 750 [Gauss], 선폭(ΔH)이 45 [Oe], 고유 투자율이 30, 페라이트 직경은 3.3 mm인 Y3 계 Garnet 페라이트를 사용하였다. 직류자계는 자계강도가 2100 [Oe]이고 직경은 5.5 mm의 FB5H 계열 자석을 사용하였다. 스트립선로의 길이는 4.3 mm, 폭은 0.4 mm이다. 셀룰라용은 포화자계 $4\pi M_s$ 는 600[Gaus], 외부 직류자계값 H_{ex} 는 1100[Oe]를 사용하였고 스트립규격과 페라이트 규격은 PCS용과 같다.

스트립선로의 구조는 페라이트를 감쌀 수 있도록 설계하였으며 외부 직류자계에 의해서 효과적으로 인덕턴스를 얻을 수 있도록 미소선폭을 결정하였다. 이때 두 개의 선로 사이에는 우수모드의 인덕턴스만이 존재한다고 가정하였다. 상기의 조건과 외부자계, 포화자화, 페라이트 규격, 스트립선로 규격 등을 이용하여 셀룰라용과 PCS용 아이솔레이터의 최적화 값을 표 2와 같이 산출하였다.

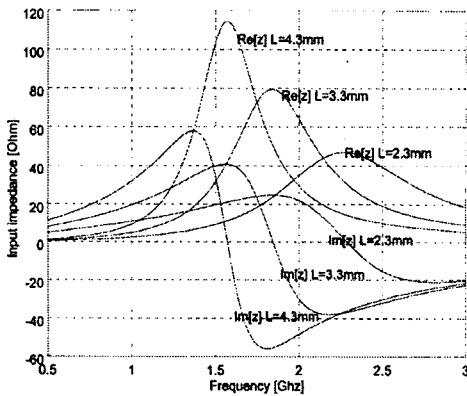
그림 7, 8은 표 2에서 제시된 최적화된 변수를 이



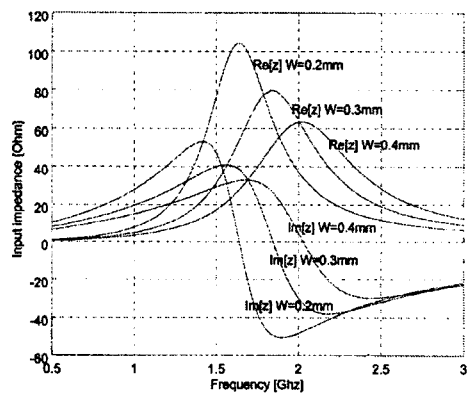
(a) 외부 C에 의한 입력임피던스 변화
 (a) Input impedance of the isolator varying with external C.



(b) 페라이트 두께에 의한 입력임피던스
 (b) Input impedance of the isolator varying with the ferrite thickness.



(c) 스트립선로길이에 의한 아이솔레이터 입력 임피던스
 (c) Input impedance of the isolator varying with the strip line length.



(d) 스트립 선로폭에 의한 아이솔레이터 입력 임피던스
 (d) Input impedance of the isolator varying with the strip line width.

그림 5. 외부 C, 페라이트규격 및 스트립 선로규격에 의한 아이솔레이터 입력임피던스

Fig. 5. Input impedance of the isolator varying with the external C, ferrite and strip specification.

용하여 표 1의 규격을 얻기 위한 수치해석한 결과이다. 여기서 반사손실과 격리는 20 dB 이상, 삽입손실 0.7 dB 이하의 특성을 나타내고 있다. 또한 각 포트의 위상차는 공진주파수에서 정확히 120°이다. 그러므로 아이솔레이터의 회전조건을 만족하고 있음을 확인할 수 있다.

4-2 셀룰라용 아이솔레이터 제작

앞에서 얻은 이론적인 해석과 최적화 과정을 통하여 얻은 결과를 이용하여 중심주파수 836.5 Mhz, 밴드폭 44 Mhz, 삽입손실 0.7 dB 이하, 격리 20 dB 이하의 특성을 갖는 셀룰라용 아이솔레이터를 제작

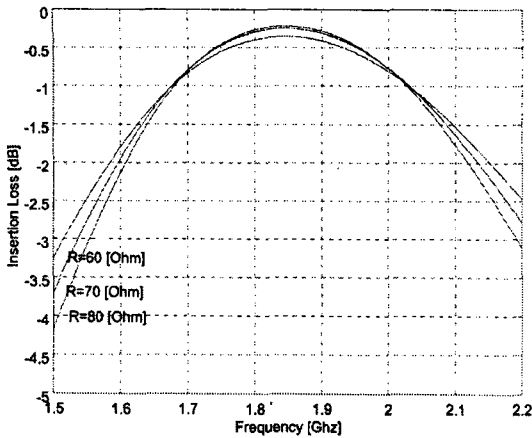


그림 6. 외부 저항에 의한 아이솔레이터의 삽입손실
Fig. 6. Insertion loss of the isolator varying with external resistance.

표 1. 아이솔레이터 설계 규격

Table 1. Design specification of the isolator.

항목	단위	셀룰라용	PCS용
사용온도	°C	-20~+75	-20~+75
Size	mm	7×7×2.3	7×7×2.3
Isolation	dB	20	20
Insertion loss	dB	0.5	0.5
Return loss	dB	20	20
중심주파수	Ghz	0.836	1.765
대역폭	Mhz	44	90

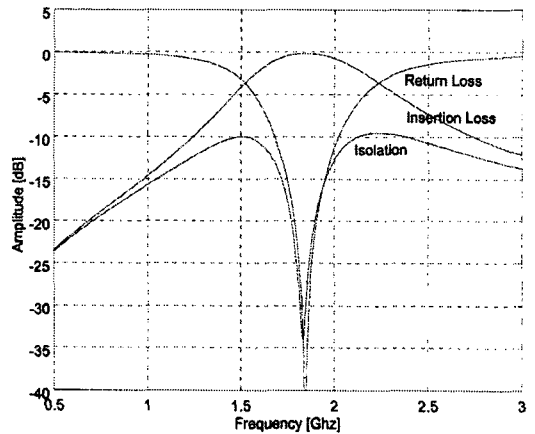
하여 실험하였다.

그림 9는 제작된 아이솔레이터의 모형도이다. 외부에 케이스로 감싸고, 페라이트는 스트립선로 감싸

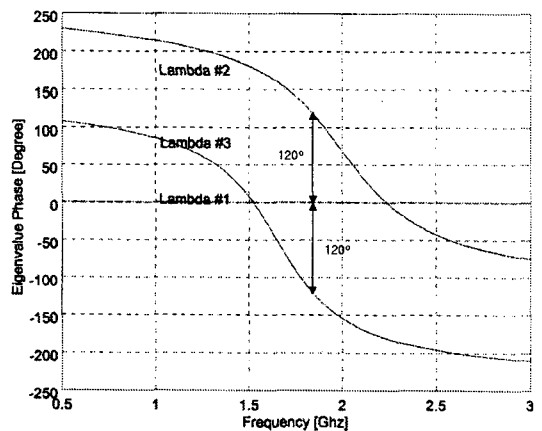
표 2. 제안된 아이솔레이터 규격

Table 2. Proposed isolator specification.

$4\pi M_s$ [Gauss]	H_{ex} [Oe]	C_{ex} [pF]	ΔH [Oe]	페라이트 규격		스트립 선로 규격			삽입 손실 [db]	반사 손실 [db]	I.S. [dB]	중심 주파수 [GHz]	대역폭 [MHz]
				직경 [mm]	두께 [mm]	길이 [mm]	넓이 [mm]	두께 [mm]					
750	2100	3	45	3.3	3.3	3.3	0.3	0.02	0.2	20	20	1.836	44
650	1500	10	45	3.3	3.3	3.3	0.3	0.02	0.2	20	20	0.836	90

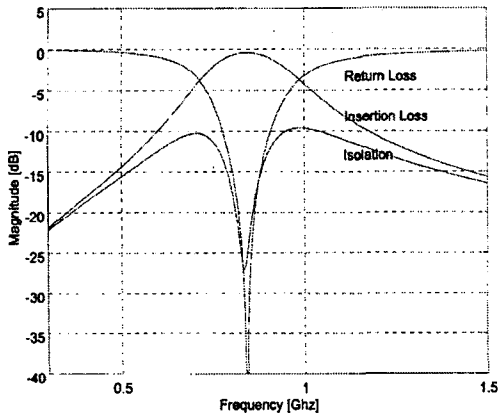


(a) PCS 단말기용 아이솔레이터의 산란계수
(a) Scattering parameter of the PCS phone isolator.

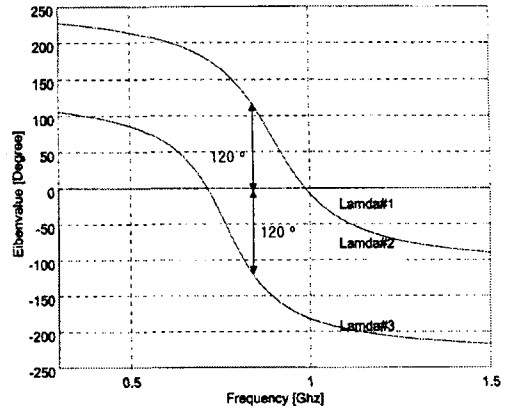


(b) PCS 단말기용 아이솔레이터의 고유치의 위상
(b) Eigenvalue phase of the PCS phone isolator.

그림 7. PCS 단말기용 아이솔레이터의 주파수 특성
Fig. 7. Frequency characteristics of the PCS phone isolator.



(a) 셀룰라 단말기용 아이솔레이터의 산란계수
(a) Scattering parameter of the Cellular phone isolator.



(b) 셀룰라 단말기용 아이솔레이터의 고유차의 위상특성
(b) Eigenvalue phase of the cellular phone isolator.

그림 8. 세룰라 단말기용 아이솔레이터의 주파수 특성
Fig. 8. Frequency characteristics of the cellular phone isolator.

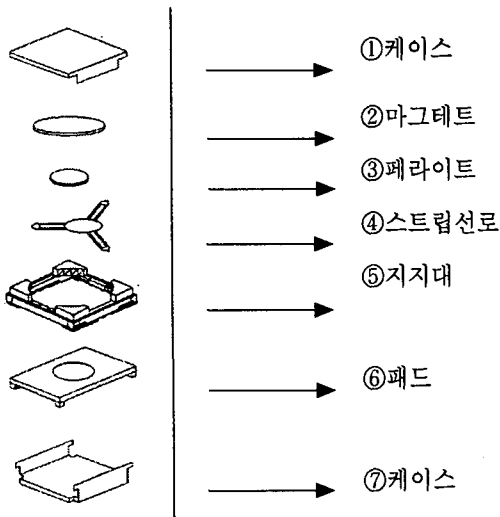


그림 9. 제작된 아이솔레이터
Fig. 9. Implemented isolator.

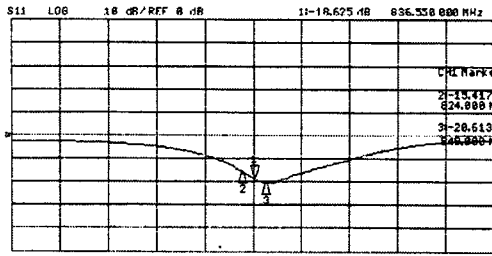
서 지지대에 부착하고 임피던스 매칭을 위하여 C,R을 부착이 용이하도록 지지대를 제작하였고, 패드를 휴대폰 PCB에 부착이 용이하도록 제작하였다.

4-3 실험 및 결과분석

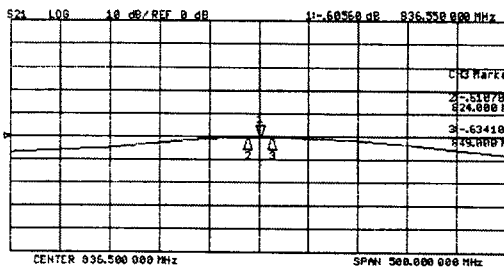
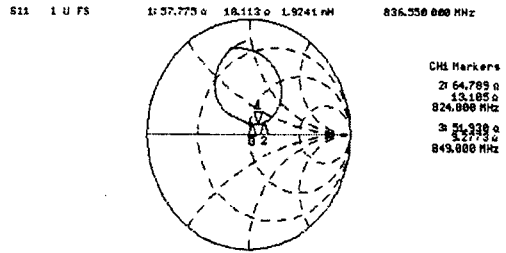
특성측정은 Network Analyzer(모델명 : PH8593 E)를 이용하였으며, 시험보정을 위하여 제작된 지그를 이용하여 초기화 하였다. 측정시 중심주파수는 0.83 Ghz이며, 표시기(marker)2,3은 셀룰라 주파수 대역인 824 Mhz, 846 Mhz이다.

그림 10은 제작된 아이솔레이터의 주파수 특성을 나타내고 있다. 그림 10(a)는 반사손실을 나타내고 있으며 중심주파수에서 -20 dB이다. 20 dB 이하에서 30 Mhz의 대역폭을 제시하고 있음을 보여주고 있다. 그림 10(b)는 삽입손실을 나타내고 있으며, 최소 0.4 dB이며, 0.7 dB에서 대역폭은 약 50 MHz를 나타내고 있다. 그림 10(c)는 격리를 제시하고 있으며, 격리는 -20 dB에서 대역폭은 약 44 Mhz를 나타내고 있다. 따라서 제작된 시뮬레이션 값과 측정된 값이 비슷함을 확인할 수 있다.

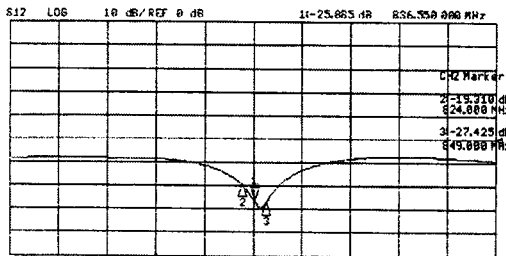
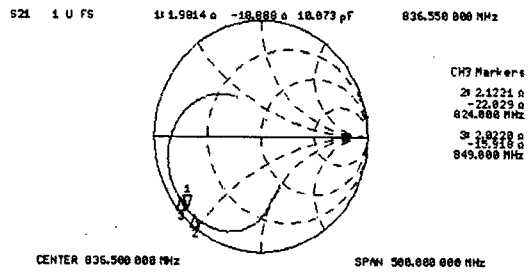
따라서 실험을 통하여 본 연구에서 제시한 아이솔레이터의 특성분석을 이용함으로써 PCS 및 IMT-2000 단말기용 소형아이솔레이터를 설계에 작용할 수 있음을 확인할 수 있다.



(a) 반사손실(S_{11})
(a) Return loss(S_{11})



(b) 삽입손실(S_{21})
(b) Insertion loss(S_{21})



(c) 격리(S_{12})
(c) Isolation(S_{12})

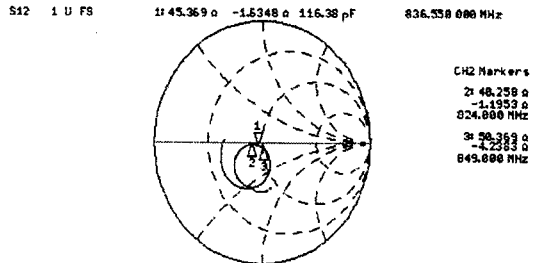


그림 10. 측정된 아이솔레이터 특성
Fig. 10. Characteristics of measured isolator.

V. 결론

본 연구에서는 집중정수형 아이솔레이터를 해석하여, 페라이트 규격, 직류자계의 세기, 스트립 선로의 길이와 폭, 각 단에 연결되는 R, C값에 의한 아

이솔레이터를 정량적으로 분석하였고, 이동통신용 소형 아이솔레이터 설계용 프로그램을 작성하였고, 이 결과를 이용하여 셀룰라용과 PCS용 아이솔레이터를 설계하였다.

수치해석 결과를 이용하여 $7.0 \times 7.0 \times 2.3 \text{ mm}^3$ 의 크기를 갖는 셀룰라용 아이솔레이터를 제작하여 실

협하였다. 실험결과 반사계수는 중심주파수인 836.5 MHz에서 -20 dB 이상이며, 격리는 -20 dB이며, 삽입손실은 0.6 dB이며 대역폭은 44 mHz이다.

따라서 본 연구로부터 얻은 결과를 이용함으로써 PCS, IMT-2000용 및 다양한 이동통신 단말기용 에 적용할 수 있는 아이솔레이터를 설계할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구는 기존의 아이솔레이터를 더욱더 소형화 할 수 있도록 구조적인 변화와 광대역 특성을 갖는 아이솔레이터 설계에 관한 연구와 페 라이트와 스트립선로 기술개발에 관한 연구가 진행 되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] H. Bosma, "On stripline Y-circulation at UHF," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-12, pp. 61-72, Jan., 1964.
- [2] Y. Konishi, "Lumped element Y circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*. vol. MTT-13, pp. 825-964, Nov., 1965.
- [3] J. Deutsch and B. Wieser, "Resonance Isolator and Y Circulator with Lumped Element at VHF," *IEEE Trans. Magnetics*, vol. MAG-2, no.3, pp. 278-282, Sep., 1966.
- [4] J. Helszjn, and M. McDermott, "The inductance of a Lumped Constant Circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-18, no. 1, pp. 50-52, Jan., 1970.
- [5] R. H. Knerr, C. E. Barnes, and F. Bosch, "A compact broad band thin-film lumped-element L-band circulator," *IEEE Trans.on Microwave Theory Tech*. vol. MTT-18, pp. 1100-1108, Dec., 1970.
- [6] Y. Konishi, "Design of a New Broad-Band Isolator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-19, no. 3, pp. 260-269, March, 1971.
- [7] H. Knerr, "An Improved Equivalent Circuit for the Thin Film Lumped-Element Circulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-20, no. 7, pp. 446-452, 1972.
- [8] Y. S. Wu, Fred J. Rosenbaum, "Wide-band Operation of Microstrip Circulators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-22, pp.849-856, 1974.
- [9] C. G. Montgomery, R. H. Dicke, *Principle of microwave circuits*, ch9, McGraw-Hill, 1948.
- [10] A. J. Baden Fuller, *Ferrite at Microwave Frequencies*, Peter Peregrinus, London, 1987.
- [11] Douglas K. Linkhart, *Microwave Circulator Design*, Norwood:Artech House, 1989.
- [12] B. C. Wadell, *Transmission Line Design Handbook*, Artech-house, 1991.
- [13] R. E. Neidert, "Losses in Y-Junction Stripline and Microstrip Ferrite Circulator", *IEEE Trans. on Microwave Theory Tech*. vol. MTT-41, no.6/7, June/July, pp. 1081-1086, 1993.
- [14] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison-Wesley, ch9., 1996.

이 영 훈



1986년 2월: 광운대학교 전자공학과(공학사)
1988년 8월: 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1995년 2월: 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1995년 3월~현재: 호남대학교 전자공학과 조교수

파공학과 조교수

권 원 현



1983년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학사)
1985년 2월: 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1990년 8월: 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1984년 3월~1994년 2월: 삼성전자 무선연구실 개발팀장

1994년 3월~현재: 안양대학교 정보통신공학과 부교수
[주 관심분야] 이동통신, 초소형 RF 부품, 안테나 해석 및 설계 등