

PCS Channel Combiner 구현을 위한 감쇄극을 갖는 유전체 공진기 대역통과 여파기의 설계

(A Design of the Dielectric Resonator BandPass Filters with attenuation poles for the PCS Channel Combiner)

姜顯宅*, 明成浩*, 金哲秀*, 朴准奭*, 安達*, 朴鍾哲**, 朴成熱**, 金根永***

(Hyun-Taek Kang, Sung-Ho Myung, Chul-Soo Kim, Jun-Seok Park, Dal Ahn, Jong-Chul Park, Sung-Yuel Park, and Geun-Young Kim)

요약

본 논문에서는 PCS 채널 combiner를 위한 새로운 구조의 유전체 공진기 대역통과 여파기를 제안하고 이를 이용하여 2-채널 PCS 채널 combiner를 구현하였다. 제안된 감쇄극을 갖는 유전체 공진기 채널 대역통과 여파기는 집중소자 등가회로를 이용하여 설계하였다. 본 논문에서 제안된 유전체 공진기 채널 대역통과 여파기는 저지대역내의 감쇄극을 가지므로 기존의 채널 여파기와 비교하여 적은 공진기 수를 가지고 같은 감쇄 특성을 얻을 수 있어 작은 크기와 적은 삽입손실 특성을 갖고 양호한 온도 특성의 구현이 가능한 장점을 갖는다.

Abstract

In this paper, the novel dielectric resonator bandpass filter for Korea personal communication service channel combiner is proposed. The equivalent circuit of the channel bandpass filter is derived using the lumped elements. Proposed channel bandpass filter provides compact size, low insertion loss, two attenuation poles in the stop band, and excellent temperature characteristics. Two channel filters are combined with proposed dielectric resonator filter configuration to implement the 2-channel combiner. Experimental results show the validity of the proposed dielectric resonator channel bandpass filter.

I. 서론

* 正會員, 順天鄉大學校 電氣電子工學部

(School of Electrical and Electronic Engineering SoonChunHyang Univ.)

** 正會員, (주) 텔웨이브

(TELWAVE Inc.)

*** 正會員, 耽羅大學校 産業情報學科

(Dept. of Industrial Informatics, Tamna University)

※ 본 연구에 시뮬레이션 소프트웨어를 협조해 주신

Ansoft Korea에 감사 드립니다.

接受日字:1999年7月7日, 수정완료일:2000年4月4日

현재 개인 통신 서비스나 셀룰라 이동통신 기지국 시스템에는 비대역폭(Fractional Bandwidth)이 1%보다 작은 협대역 특성을 갖고, 통과대역내에서 매우 작은 삽입손실 특성과 높은 주파수 선택도를 갖는 채널 여파기가 요구되고 있다. 특히 다양한 통신 서비스로 인한 주파수 자원의 제약으로 인하여 대역통과 여파기의 손실특성은 기타의 여파기의 손실특성에 비교하여 그대로 유지하면서 최소의 무게와 부피를 가지고, 통과대역내에서 최적의 응답특성을 유지하고, 주파수 선택도

혹은 감쇠특성이 우수하여야 한다. 현재 이러한 채널 여파기의 사양을 만족시키기 위하여 일반적으로 높은 무부하 품질계수를 갖는 유전체 공진기를 사용하여 대역통과 여파기를 구현하고 있다.^{[1][2]}

본 논문에서는 통과대역내에서 매우 작은 삽입손실 특성과 우수한 감쇠특성을 갖는 유전체 공진기 채널 여파기의 구현방법에 대한 일환으로 타원함수의 특성 함수를 갖는 유전체 공진기를 이용한 새로운 대역통과 여파기의 구조를 제안하고, 집중소자 등가회로를 이용한 설계 방법을 유도한다. 제안된 유전체 공진기 채널 대역통과 여파기는 저지대역내의 감쇄극을 가지므로 기존의 채널 여파기와 비교하여 적은 공진기 수를 가지고 동일한 감쇄 특성을 얻을 수 있어 작은 크기로 구현이 가능하고, 단일모드만을 사용하여 타원함수의 특성함수를 갖는 대역통과 여파기를 구현하여 적은 삽입손실특성을 갖고 양호한 온도 특성 구현이 가능한 장점을 갖는다.

II. 감쇄극을 갖는 채널 여파기의 설계

국내 PCS시스템용 채널 여파기는 각 FA(Frequency Allocation)에 해당되는 1.23MHz의 대역폭을 갖는 주파수 영역에 대한 선택도를 갖는다. 한 FA에 해당되는 일정한 보호대역의 주파수 간격을 갖고 각각의 독립된 채널 여파기들을 결합하기 위해서는 채널 여파기는 각 FA의 중심주파수에서 1.897MHz 떨어진 저지대역에서 최소 14dB의 감쇠특성을 가져야 한다. 이러한 채널 여파기를 구성하는 최소 대역통과 여파기의 단수는 3단이 되어야 하나, 여파기의 공진기의 수가 증가하게 되어 가격과 여파기의 부피, 그리고 통과 대역 내에서의 삽입손실도 증가하게 된다. 따라서 본 논문에서는 PCS 시스템용 채널 여파기의 통과대역내의 삽입손실 특성과 저지대역내에서의 감쇠 특성을 개선하기 위하여 유전체 공진기의 주 모드만을 이용하여 타원함수의 특성 함수를 갖도록 대역통과 여파기를 구현하였다. 그림 1은 일반적인 유전체 공진기의 등가회로를 나타낸다.

또한 입·출력단에 페루프 결합선로와 유전체 공진기 사이의 결합관계 그리고 각각의 유전체 공진기 사이의 결합관계를 상호 인덕턴스로 등가화하여 유전체 공진기를 사용한 채널여파기의 전체 등가회로를 그림 2와 같이 등가화 할 수 있다.

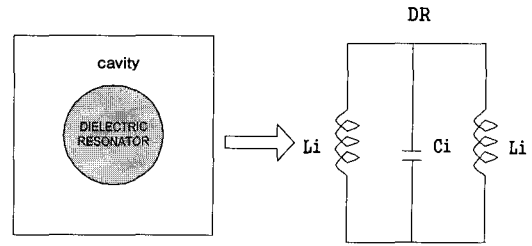


그림 1. 유전체 공진기의 등가회로
Fig. 1. Equivalent circuit of dielectric resonator.

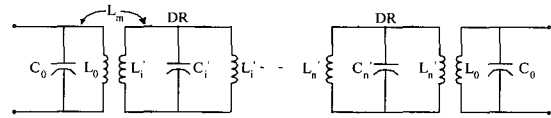


그림 2. 유전체 공진기의 등가회로로 나타낸 대역통과 여파기의 등가회로
Fig. 2. Equivalent circuit of bandpass filter using the equivalent circuit of dielectric resonator.

그림 2의 등가회로는 그림 3에 나타낸 유도성 결합회로와 용량성 결합회로의 등가 관계를 이용하여 그림 4와 같은 좀더 일반화된 유전체 공진기를 사용한 채널 여파기의 전체 등가회로를 구현할 수 있다.

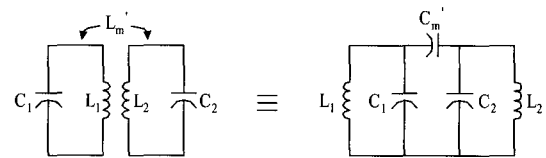


그림 3. 용량성과 유도성 결합회로의 등가관계
Fig. 3. Equivalent relation between capacitive coupling and inductive coupling.

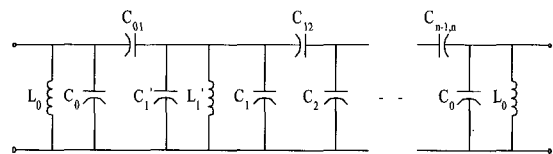


그림 4. 간략화된 유전체 공진기를 사용한 대역통과 여파기의 등가회로
Fig. 4. Simplified Equivalent circuit of dielectric resonator bandpass filter.

그림 5는 2-pole 유전체 공진기를 이용한 대역통과 필터의 등가회로를 나타낸다. 2-pole 대역통과 여파기는 capacitance π -section 어드미턴스 인버터를 이용하여 쉽게 분석되고 설계 될 수 있다.^{[3][4]}

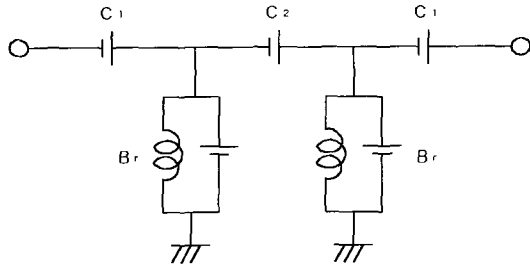


그림 5. 2-Pole 유전체 공진기 채널여파기의 등가회로
Fig. 5. The equivalent circuit of the 2-pole dielectric resonator channel filter.

유전체 공진기를 사용한 채널 여파기 설계공식은 유전체 공진기를 사용한 채널 여파기의 등가회로와 집중정수 등가회로로부터 유도할 수 있다.^{[3][4][5]} 유전체 공진기를 사용한 채널 여파기 설계를 위한 결합 계수는 다음과 같이 유도된다.

$$k'_{i,j+1} = \frac{C_{i,j+1}}{(C_j C_{j+1})^{0.5}} \quad \text{for } j = 1 \dots N-1 \quad (1)$$

여기서 $C_{i,j+1}$ 은 그림 4에 나타낸 유전체 공진기를 사용한 채널 여파기의 등가회로에 직렬 캐패시턴스이고, C_j 와 C_{j+1} 은 병렬 캐패시턴스이다. 정규화하지 않은 결합 계수는 다음과 같다.

$$K_{i,j+1} = \left(\frac{\Delta f}{f_0} \right) \cdot k'_{i,j+1} \quad (2)$$

여기서 Δf 는 대역폭, f_0 는 중심 주파수이다. 식(1)와 식(2)로부터 원하는 대역통과 여파기의 특성을 얻기 위한 유전체 공진기를 사용한 채널 여파기의 각 공진기 사이의 결합 계수를 계산할 수 있고, 이에 대응하는 인

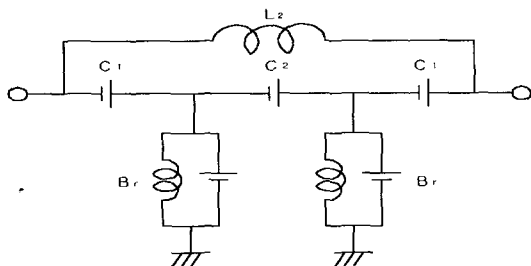


그림 6. 제안된 유전체 공진기 채널 여파기의 등가회로
Fig. 6. The equivalent circuit of the proposed dielectric resonator.

덕티브 창 구조의 치수를 실험적인 데이터 혹은 장 이론에 의해 결정할 수 있다. 그림 6은 제안된 cross-coupled inductance를 이용한 감쇄극을 갖는 유전체 공진기를 이용한 채널 여파기의 등가회로를 나타낸다. Cross-coupling inductance는 입출력 결합 캐패시턴스인 C_1 에 감쇄극을 갖게 한다. 따라서 대역통과 여파기는 타원함수(elliptic function)의 특성을 갖게 되므로 저지대역에서의 감쇄극을 생기게 한다.^{[5][6]}

III. 시뮬레이션 및 제작

본 논문에서 제안한 PCS 2-채널 combiner를 위한 유전체 공진기 대역통과 여파기를 PCS대역에서 채널 대역폭이 1.23MHz이고 저지대역내에 두 개의 감쇄극 점을 갖도록 설계하고 simulation하여 제작 및 측정하였다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 감쇄극을 갖는 유전체 공진기 대역통과 여파기의 등가회로를 이용한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 시뮬레이션은 Ansoft사의 Serenade V8.0을 사용하였다.

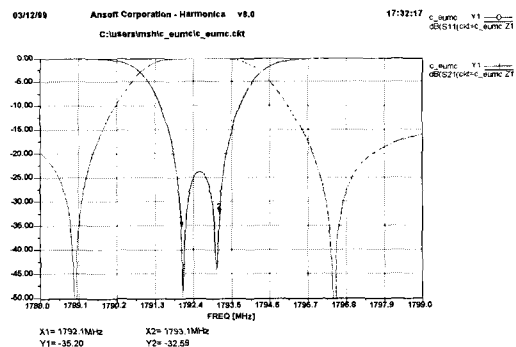


그림 7. 제안된 집중소자 채널 필터의 simulation 특성
Fig. 7. The simulation characteristic of the proposed lumped element channel filter.

그림 7과 같이 채널 여파기는 저지대역내의 감쇄극으로 인하여 인접한 채널 대역 주파수 부근에서 우수한 감쇄 특성을 나타낸다. 그림 8은 감쇄극을 갖는 유전체 공진기를 이용한 채널 대역통과 여파기의 제작시 사용된 유전체 공진기의 구조와 치수를 나타낸다. 그림 8에 나타낸 유전체 공진기는 비유전상수는 38이고 무부하 품질계수는 약 38,000이다. 그림 9는 제안된 감쇄극을 갖는 유전체 공진기를 이용하여 제작한 2-pole 채널 대역통과 여파기의 사진이다. 기존의 PCS 시스템용

채널 여파기의 부피와 비교하여 대략 35%의 전체 부피를 갖는다.

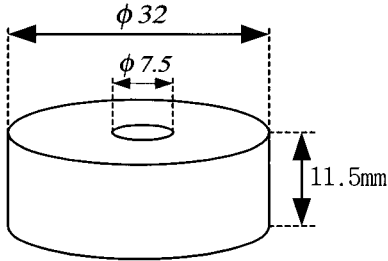


그림 8. PCS 채널 여파기를 위한 유전체 공진기 규격
Fig. 8. The dimension of the dielectric resonator for PCS channel filter.

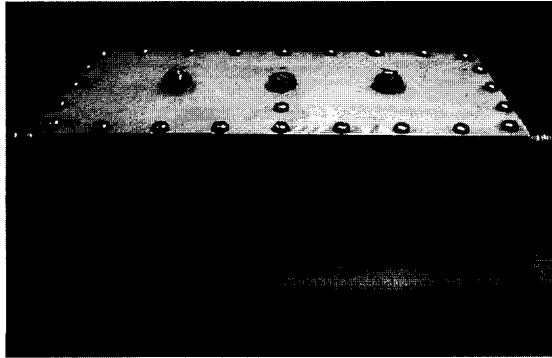


그림 9. 제작된 유전체 공진기 채널 여파기
Fig. 9. The fabricated dielectric resonator channel filter.

IV. 실험 결과

본 논문에서는 국내의 PCS 시스템에 사용되는 1.25MHz의 협대역 특성이 요구되는 채널 여파기를 저지대역내의 우수한 감쇄 특성을 구현하기 위하여 타원함수의 특성함수를 갖도록 유전체 공진기를 사용하여 설계 및 제작하여 미세 조정과정을 거쳐 대역통과 채널 여파기의 특성을 측정하였다. 그림 10은 제작된 유전체 공진기 채널 대역통과 여파기의 측정 결과를 나타낸다. 중심주파수에서 2.5MHz 떨어진 주파수에서의 감쇄 특성은 -20dB를 나타내었고, 통과대역의 삽입손실과 반사손실 특성은 -0.7dB, -20dB의 우수한 특성을 나타내었다.

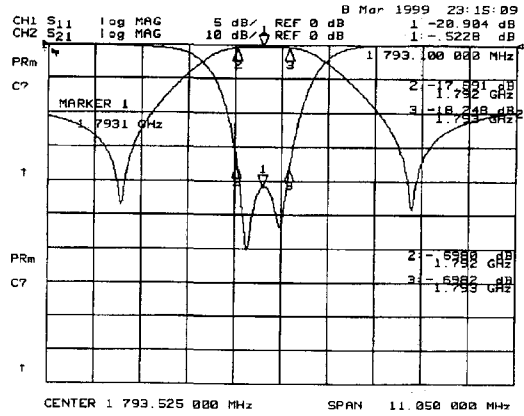
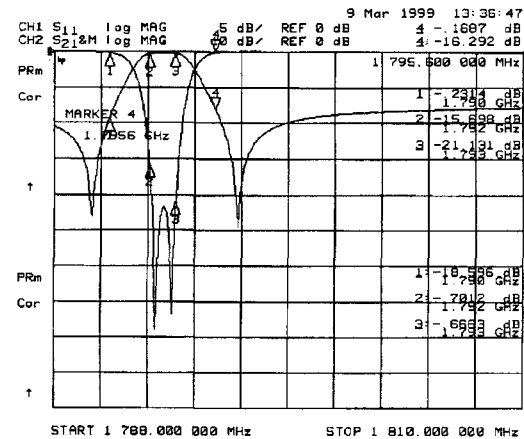
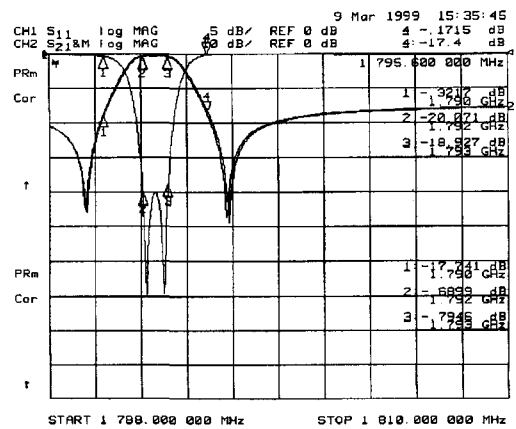


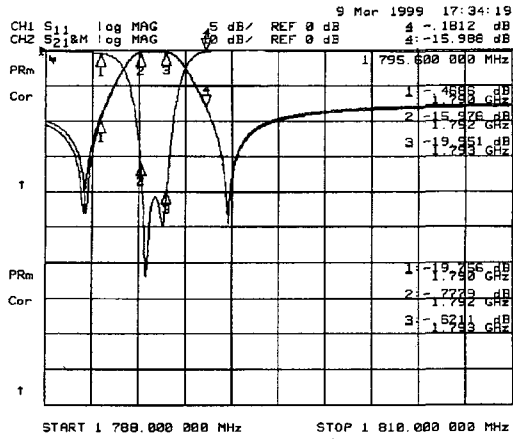
그림 10. 제작된 유전체 공진기 채널 여파기의 측정 특성
Fig. 10. The measurement of the fabricated dielectric resonator channel filter.



(a)



(b)



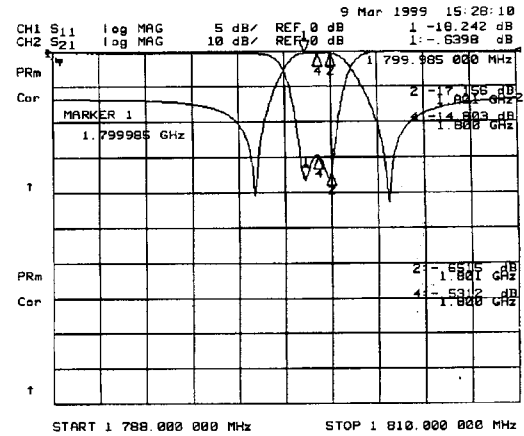
(c)

그림 11. 제작된 여파기의 온도특성 (a) 상온 (b) 60°C (c) -30°C

Fig. 11. The temperature characteristics of the fabricated filter (a) Room temperature (b) 60°C (c) -30°C.

그림 11에 제작된 감쇄극을 갖는 채널 여파기를 -30°C ~ 60°C의 범위에서 측정된 온도특성을 나타내었다. 측정된 온도 범위에서 통과 대역내의 손실특성에 거의 변화가 없는 매우 안정된 결과를 나타내었다.

본 논문에서 제안한 PCS 채널 combiner를 위한 감쇄극을 갖는 유전체 공진기 대역통과 여파기를 이용하여 2-채널 PCS 채널 combiner를 구현하였다. 그림 12는 2 채널 combiner를 구현하기 위한 각 채널 여파기 손실 특성의 측정 결과를 나타낸다. 각 채널 여파기를 케이블 junction으로 결합하여 PCS 시스템용 2-채널 combiner를 구현하였고 그림 13에서 구현된 2 채널 combiner의 손실 특성의 측정 결과를 나타낸다. 그림

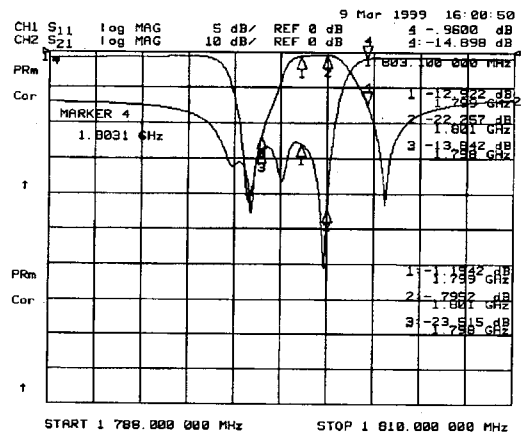


(b)

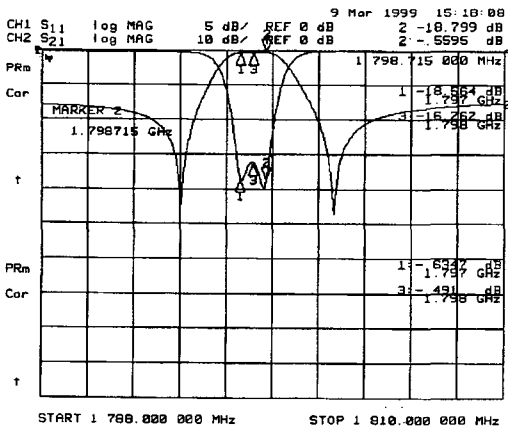
그림 12. 각각의 채널 여파기 특성

Fig. 12. Characteristics of the each channel filter.

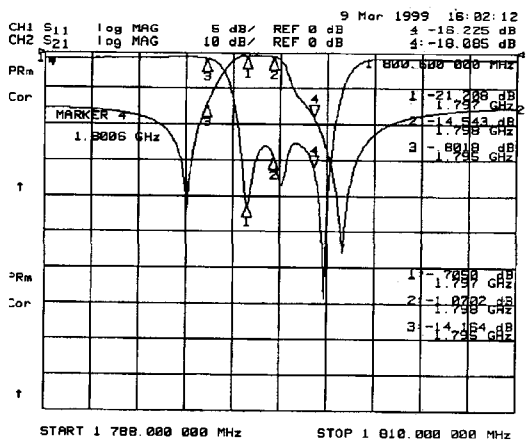
13에서 0.3dB의 junction 손실을 포함하여 삽입손실과 반사손실의 특성은 각각 -1.1dB, -13dB의 양호한 특성을 보였다.



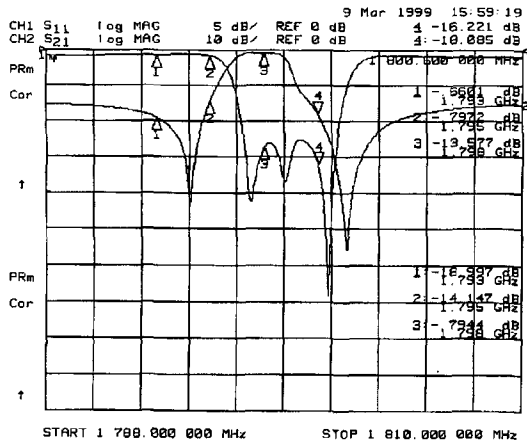
(a)



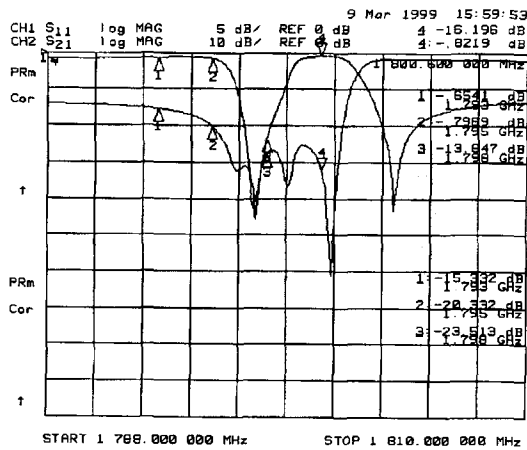
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 13. 구현된 2-채널 combiner의 측정 결과
Fig. 13. Measurements of the implemented 2-channel combiner.

V. 결론

본 논문에서는 PCS 채널 combiner의 구현을 위하여 저지대역내의 주파수 영역에서 감쇄극의 갖는 유전체 공진기 대역통과 여파기를 제안하고, 이를 이용하여 PCS 2-채널 combiner를 구현하였다. 저지대역내의 감쇄극으로 기존의 채널 여파기와 비교하여 적은 공진기 수를 가지고 동일한 감쇄 특성을 얻을 수 있어 작은 크기와 적은 삽입손실특성을 갖고 양호한 온도 특성을 나타내었다. 구현된 채널 대역통과 여파기의 삽입손실과 반사손실 특성은 -0.7dB, -20dB의 우수한 특성을

나타내었고, 중심주파수에서 2.5MHz 떨어진 저지대역의 주파수에서 -20dB의 우수한 감쇄 특성을 얻을 수 있었다. 또한 -30°C ~ 60°C의 온도 범위에서 매우 양호한 온도 특성을 나타내었다. 그리고 PCS 시스템용 2-채널 combiner를 구성하기 위한 각각의 채널 여파기는 중심주파수에서 ±1.25 MHz 떨어진 지점에서 -2.7dB 이상의 감쇄 특성을 만족하였다. 구현된 2-채널 combiner는 0.3dB의 junction 손실을 포함하여 삽입손실과 반사손실의 특성은 각각 -1.1dB, -13dB의 특성을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] S. B. Cohn, "Microwave band pass filters containing high-Q dielectric resonators," *IEEE Trans. Microwave Theory and Technique*, vol. MTT-16, pp. 218-227, April 1968.
- [2] Y. Kobayashi and M. Minegishi, "Precise design of a bandpass filter using high-Q dielectric ring resonator," *IEEE Trans. Microwave Theory and Technique*, vol. MTT-35, pp. 1156-1160, Dec. 1987.
- [3] G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structure*, Artech House, pp. 217-228, 1980.
- [4] B. Virdee, University of North London, internal report, 1996.
- [5] J. F. Liang, K. A. Zaki, and A. E. Atia, "Mixed modes dielectric resonator loaded cavity filters," *IEEE MTT-S, Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 731-734, 1994.
- [6] C. Wang, H. Yao, and K. A. Zaki, "Mixed modes cylindrical planar dielectric resonators filters with rectangular enclosure," *IEEE MTT-S, Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 501-504, 1995.

저 자 소 개



姜顯宅(正會員)
1972년생. 1998년 순천향대학교 전자공학과 학사. 2000년 순천향대학교 전자공학과 석사. 2000년~현재 에이스테크놀로지 중앙연구소 연구원. 주관심 분야는 Microwave 능동·수동소자 설계



明成浩(正會員)
1971년생. 1998년 순천향대학교 전자공학과 학사. 2000년 순천향대학교 전자공학과 석사. 1999년~현재 Ansoft Korea, Application Engineer. 주관심 분야는 EM-Simulation 및 모델링

金哲秀(正會員) 第 36卷 D編 第 4號 參照
현재 순천향대학교 전자공학과 박사과정

朴准奭(正會員) 第 36卷 D編 第 4號 參照
현재 순천향대학교 전기·전자공학부 교수

安達(正會員) 第 36卷 D編 第 4號 參照
현재 순천향대학교 전기·전자공학부 교수

朴鍾哲(正會員)
1971년생. 1996년 순천향대학교 전자공학과 학사. 1996년~현재 (주)텔웨이브 전임연구원. 주관심 분야는 유전체 필터 및 Microwave 수동소자 설계

朴成熱(正會員)
1973년생. 1996년 순천향대학교 전자공학과 학사. 1996년~현재 (주)텔웨이브 전임연구원. 주관심 분야는 유전체 필터 및 소자 모델링

金根永(正會員) 第 36卷 D編 第 12號 參照
현재 탐라대학교 산업정보학과 교수