

유전체 공진기를 이용한 이동통신용 마이크로파 Dual-Mode 대역통과 필터

김지균\*, 이현용\*, 김병호\*, 김유경\*, 이병학\*\*  
 명지대학교\*, 에이스테크놀로지(주)\*\*

Microwave Dual-Mode Band Pass Filter for Mobile Communication using Dielectric Resonator

Jee-Gyun Kim\*, Heon-Yong Lee\*, Byoung-Ho Kim\*, Yu-Kyong Kim\*, Byong-Hak Lee\*\*  
 Myong-Ji University\*, ACE Technology Co. Ltd.\*\*

**Abstract** - 본 논문은 저손실 소형 대역통과 여파기인 기지국용 RF/Microwave 수동소자의 다중 공진 모드(Multi-Mode)에 관한 연구로 한개의 유전체 공진기(Dielectric Resonator)로 두개의 공진 모드(Dual-Mode)를 형성하고 그의 결합량을 조절하여 대역통과 여파기를 설계 및 제작하고, 기지국용 Dual-Mode 대역통과 여파기의 소형화, 경량화를 50% 이상 향상시켜 양질의 Dual-Mode 공진 특성을 관찰하였다.

1. 서 론

무선통신 산업의 급격한 발전과 정보화 시대의 고속화로 이동통신기기의 사용이 급증하고 있으며, 이러한 이동통신 수요의 주종은 휴대용 전화기로서 UHF대역의 이동통신 단말기이다. 하지만 단말기 산업의 발전과 더불어 무선인터넷 서비스의 발전으로 서비스 품질의 고품질화가 중요하게 두각되며, 기지국용 수동소자 진보의 필요성이 두드러지기 시작하였다.

대역통과 여파기는 이동통신 기지국에 적용되는 수동소자 부품으로써 필요한 주파수 대역만을 최소의 감쇄로 통과시키고, 나머지 대역에 대해서는 무한한 감쇄를 갖도록 설계되어 원하는 이동통신 시스템의 주파수 활용을 가능하게 하는 대표적인 기지국용 RF/Microwave 소자이다.<sup>(1)</sup>

종래 저손실 소형 대역통과 여파기를 실현하기 위해서는 무부하 Q가 큰 유전체 공진기를 사용한 대역통과 여파기가 제안되어 왔다. 특히 저손실 및 인접대역 감쇄특성이 중요시 되는 대역통과 여파기는 위에서 언급한 Q값이 좋은 유전체 공진기의 TE<sub>01δ</sub> 모드를 적용하여 대역통과 여파기내의 손실과 선택도를 좋게한 제품들이 제작되어 왔다.

그러나 다단의 대역통과 여파기를 구성하기 위해서는, 하나의 공진을 위해 한개의 공진기가 필요하고 각 공진기간의 결합을 위한 고유의 결합계수 요소가 필요하므로 그에 따른 소요공간이 필요하므로 대역통과 여파기의 소형, 경량화는 SMD(Surface Mounted Devices)화 등의 구조적인 개선 없이는 한계에 부딪혀 왔다.

이러한 대역통과 여파기의 소형, 경량화를 위해서는 근본적으로 공진기 수를 줄이는 방법이 없이는 불가능하다. 따라서 유전체 공진기의 장점을 충분히 활용하면서 소형의 대역통과 여파기를 구현하기 위하여 유전체 공진기의 Hybrid 모드인 HE<sub>11</sub> 모드를 이용하고 모드간의 결합량을 제어하기 위해 도파관 내의 진행 모드인 TM<sub>01</sub> 모드를 이용하여<sup>(2)</sup> 1개의 공진기로 2개의 공진 모드를 형성하고 그의 결합량을 조절하여 대역통과 여파기를 만드는 것이다.

이와 같이 한개의 유전체 공진기에 두개의 공진 모드(Dual-Mode)를 유출하여 다단의 대역통과 여파기를 만들면 기존의 동일한 구조에서 중량 및 크기, 가격 등을 약 50% 이상 감소할 수 있는 장점이 있다.

본 연구는 한개의 유전체 공진기에서 발생하는 한 개

의 공진 모드를 사용하여 구성하고 있는 기존의 기지국용 대역통과 여파기의 공진기를 두개 이상의 공진 모드를 사용하여 구성함으로써 기존의 대역통과 여파기를 소형, 경량화 하여 시스템의 성능 및 경제적인 이익을 극대화하여 안정적인 기지국 시스템을 유지하는데 그 목적이 있다.

결론적으로 한개의 공진기만으로 두 개의 공진기 효과를 내어 기지국용 대역통과 여파기의 경량화, 소형화, 원가 절감을 유도하며, 종래의 것과 비교하여 대역통과 여파기의 고유특성(삽입손실, 분리도, 감쇄도 등)에 전혀 변화 없이 크기, 중량, 체적 등이 축소 됨으로 기지국 설계시 Antenna Front End Part를 최적화 할 수 있고, WLL(Wireless Local Loop), IMT-2000 및 향후 RF/Microwave 전 분야의 대역통과 여파기에 확대 적용할 수 있으므로, 차후 발생될 현 과도기적 이동통신 시장에서의 Seamless roaming 서비스를 제공, PCS(Personal Communication System)과 Cellular Communication System 및 기타 무선이동통신의 기지국 통합이나 이에 따른 부품 최적화에 중요한 영향을 미칠 것이다.

2. 본 론

2.1 여파기의 제작 구조

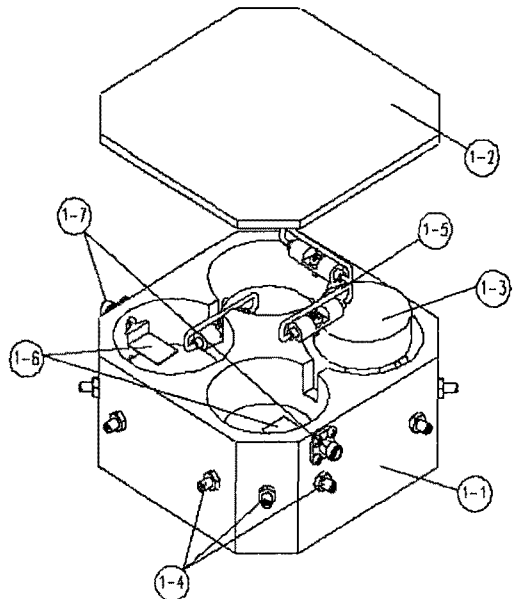


그림 1. Dual-Mode 대역통과 여파기의 구조

종래 한 개의 유전체 공진기를 사용하여 한 개의 공진 모드를 사용한 대역통과 여파기의 구조와 달리, 한개의 유전체 공진기를 이용하여 두개의 공진 모드를 만들어낸 대역통과 여파기 즉, Dual-Mode 대역통과 여파기를 결합하여 Multi-Mode 대역통과 여파기를 구현하였으며, 이를 간략화 하여 [그림 1]에서와 같이 보이고 있다.

본 연구에서의 Dual-Mode 대역통과 여파기의 구조에서 주요 구성품으로는 Housing(1-1), Cover(1-2), 유전체 공진기(1-3), Tuning Bolt(1-4), Coupling Bar(1-5), 입출력 급전 Loop(1-6), Connector(1-7)로 구성되어 있다.

이러한 구조는 기저국용 Dual-Mode 대역통과 여파기로 제작되어 실험에 사용된 제작구조이며 여기서, 유전체 공진기와 Housing은 일정 시스템의 주파수에 맞게 설계되어 있고, 유전체 공진기의 유전율( $\epsilon_r$ )은 39이다.

## 2.2 여파기의 동작원리

연구 개발된 실험용 Dual-Mode 대역통과 여파기의 동작원리를 살펴보면, 입력 Connector를 통해 입사된 신호가 급전 Loop를 통해 인가되면, 유전체 공진기의 dominant 모드에 의해 공진이 발생되어 그 주파수에서 최소의 손실을 가지며 신호를 통과 시킨다. 이러한 공진기가 직렬로 연결되어 각 공진 모드와 공진기 간의 결합 계수(Coupling Value)를 조정함으로써 원하는 주파수 대역에서 최소의 손실을 가지며, 저지 대역에서 무한 감쇄 특성을 갖는 Dual-Mode 대역통과 여파기를 구현할 수 있다.

기존의 대역통과 여파기는 [그림 2]에서 나타낸바와 같이 유전체 공진기의 고유 모드인  $TE_{01\delta}$  모드를 사용하여 공진을 만들어 내고 있다.

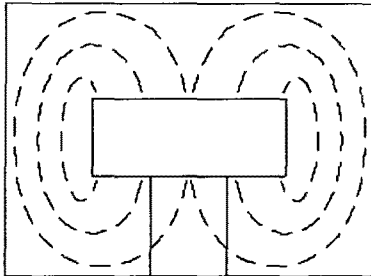


그림 2.  $TE_{01\delta}$  모드 형성도

여기서,  $TE_{01\delta}$  모드란 급전 Loop와 공진기 그리고 공진기의 L(Inductance), C(Capacitance)를 조절하는 Tuner 가 직렬로 나열되어, 인가된 신호의 자속밀도와 자화의 세기를 유전체 공진기와 Tuner 사이의 C값을 조절하므로써 최적의 공진점을 갖도록 형성되는 전자계 분포이다.

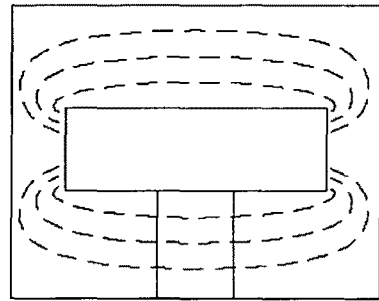
본 논문에서 제안된 Dual-Mode를 이용한 대역 통과 여파기를 살펴보면, 유전체 공진기의 공진 모드를 고유 모드가 아닌 변형된 Hybrid 모드를 이용하여 공진기의 최외곽면에서 시작하여 반대의 최외곽면으로 진행하는 페루프(Close Loop)를 형성하는 자속 밀도와, 원형 유전체 공진기의 내부에서 밖으로 발산되는 전계 분포를 가진  $HE_{11}$  모드와 원형 도파관내에 분포하고 있는  $TM_{01}$  전파전파 모드를 이용하여 두개의 공진점 형성 및 주파수 대역 형성을 만들게 된다.<sup>(3)(6)</sup>

[그림 3]에서 Loop에 인가된 전자기 신호는 공진기 주위의 점선을 따라 분포하는 자계의 세기에 따라 도파관 내에 끌고루 분포하게 되는데 이때 Housing 벽쪽에

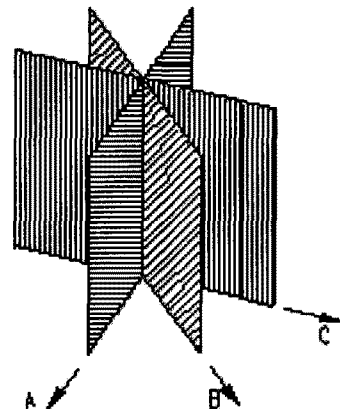
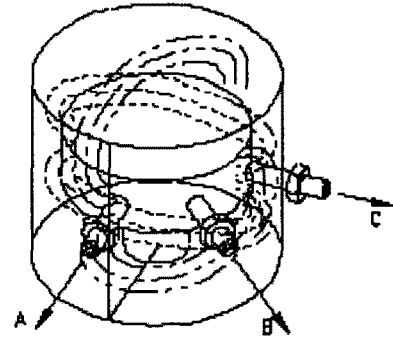
서 돌출된 금속 도체에 의해 자속 밀도의 분포가 깨진다. 이때 도체의 길이에 따라 유전체 공진기와 도체 사이의 C 값의 형성<sup>(4)</sup>되는데 이때 각각 발생하는 자속 밀도중 에너지 손실이 가장 적은 지점이 발생되고 이를 공진점이라 한다.

이 공진점에서 한 주파수의 신호가 가장 적은 손실을 가지며 통과되고, 이와 다른 페루프를 형성하는 지점에 다른 도체 금속에 의한 공진점이 발생된다.

이렇게 발생된 공진점에 의한 에너지 분포를 결합시키면 통과 대역이 형성되는데 이때 사용되는 모드가  $TM_{01}$ 이다.  $TM_{01}$  모드는 도파관내 각 평면(X, Y, Z)을 기준으로  $45^\circ$  지점에 공진모드가 형성되어지고, 이 지점의 에너지 분포를 도체로 조절해 주면 위에서 언급한  $HE_{11}$  모드의 에너지 양을 제어하여 통과 대역을 형성<sup>(5)(7)</sup>할 수가 있다.



(a)  $HE_{11}$  모드



(b)  $HE_{11}$  모드  $TM_{01}$  모드

그림 3.  $HE_{11}$ 모드  $TM_{01}$ 모드 형성도

### 3. 결 론

[그림 4]는 [그림 1]에서 언급한 구조의 Dual-Mode 대역통과 여파기를 실제 구현하여 제작하였으며, HP社 Network Analyzer를 사용하여 주파수 공진 특성을 측정 한 결과 Data로써 4개의 공진기를 가지고 8개의 공진 모드를 형성한 결과를 확인할 수 있다.

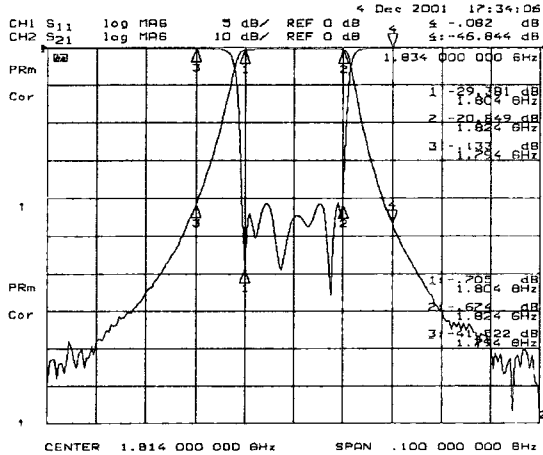


그림 4. Dual-Mode 공진 특성

위의 결과와 같이 4개의 Cavity와 유전체 공진기만으로 8개의 공진기를 갖는 Dual-Mode 대역통과 여파기의 주파수 공진 특성을 나타낼 수 있으며, 기지국용 대역통과 여파기의 외관 형상 및 중량을 50% 이상 절감하는 결과를 관찰 할 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 김지균, 이현용, 윤중락, "1.9GHz대의 적층 칩 세라믹 대역통과 필터 설계 및 시뮬레이션", 한국전기전자재료학회 논문지, Vol. 12, No. 3, pp. 207-213, 1999.
- [2] B. Razabi, RF Microelectronics, Prentice-Hall, 1998.
- [3] IS-98A/B, "Recommended Minimum Performance Standards fo Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations," TIA/EIA, 1996. 6.
- [4] Samuel C. Yang, CDMA RF System Engineering, Artech House Publisgers, 1998.
- [5] 한금구, 신현섭, "Design of Wireless Transceiver for CDMA Cellular/PCS Dual-Mode Mobile Station," Internal Report CODES-99-03, 1999. 8. 9.
- [6] Massimo Fumagalli, Silvia C.d'Oro, "A New Coupling Structure for Dual-Mode Dielectric Resonators.", IEEE Microwave And Guided Wave Letters, Vol. 10, No. 12, December 2000.
- [7] Ikuo AWAI, Takeharu YAMASHITA, "A Dual Mode Dielectric Waveguide Resonator and Its Application to Bandpass Filters," IEICE TRANS. Electron, Vol, E878 C, No. 8, August 1995.