

수동 소자를 이용한 Wi-MAX용 트리플렉서 모듈 설계

전재완, 서재환, 이승철, 이상아, 임중현, 천성중, 박재영
 광운대학교 전자공학과

Design Of Compact Passive Triplexer Module for Wi-MAX Application

Jae W. Jeon, Jae H. Seo, Seung C. Lee, Sang A. Lee, Jong H. Lim, Seong J. Cheon and Jae Y. Park
 Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University

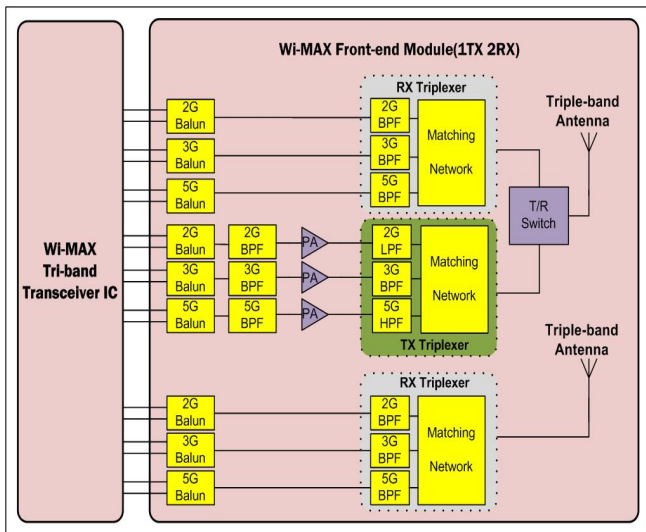
Abstract - 무선 모바일 통신 시장의 성장에 따라 수동 소자로 구성된 모듈에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 논문에서는 수동소자를 이용한 Wi-MAX용 트리플렉서를 설계하였다. 트리플렉서는 Wi-MAX의 RF Front-end단 앞부분에 연결되며, IEEE 802.16에 따른 2GHz, 3GHz, 5GHz 대역을 선택, 분리해주는 역할을 한다. 제안된 트리플렉서는 저역 통과필터, 대역통과필터, 고역통과필터로 구성하였으며, 수동소자의 최소화로 인해 삽입손실 향상을 중점으로 설계하였다. 회로해석 결과, 각 대역별 (2/3/5GHz) 삽입손실은 각각 -0.5dB, -0.6dB, -0.4dB 였으며, 반사손실은 -20dB, -20dB, -12dB, 격리도는 -20dB, -24dB, -25dB의 특성을 보였다. 수동 소자의 최소화 설계로 인해 모듈 및 시스템의 저가화를 기대할 수 있다.

1. 서 론

최근 상업용 무선 모바일 통신 시장이 급속도로 성장하고 있다. 그에 따라 IEEE 802.16 연구 그룹은 802.11 계열보다 더 넓어진 범위와 대역폭을 제공하는 Worldwide Interoperability for Microwave Access (Wi-MAX)라고 일컫는 새로운 표준안을 개정하였다. Wi-MAX는 3개의 주파수 대역을 할당하는데, 저역 (2.3~2.7 GHz), 중간대역 (3.3~3.8 GHz), 고역 (5.25~5.85 GHz)로 나눌 수 있다. Wi-MAX에 사용되는 주파수 대역 내에서 각각의 주파수 대역을 나누기 위해, RF front-end 단에서는 멀티플렉서나 각각 대역통과필터들을 필요로 한다 [1][2].

최근 활발히 연구되고 있는 Wi-MAX용 트리플렉서는 2개의 다이플렉서나 대역통과필터들로 구성되었다 [3][4]. 하지만, 2개의 다이플렉서로 구성할 경우, 상대적으로 격리도 특성은 우수하나, 삽입손실 향상의 한계가 있다. 또한 3개의 대역통과 필터로 구성할 경우, 구현하는 데에 많은 수동 소자를 필요로 하며, 그에 따른 삽입손실 특성의 개선에 어려움이 있다.

본 논문에서는 저역, 대역, 고역통과필터로 구성된 트리플렉서를 설계하였다. 앞서 언급한 삽입손실 특성의 문제점 개선을 위해 제안한 트리플렉서는 수동소자, 즉 인덕터와 커패시터 개수를 최소화 하였으며, 반사손실 및 격리도 특성 또한 우수한 특성을 보였다. 또한, 이를 통해 Wi-MAX용 트리플렉서 및 시스템 구현의 저가화를 예상할 수 있다.



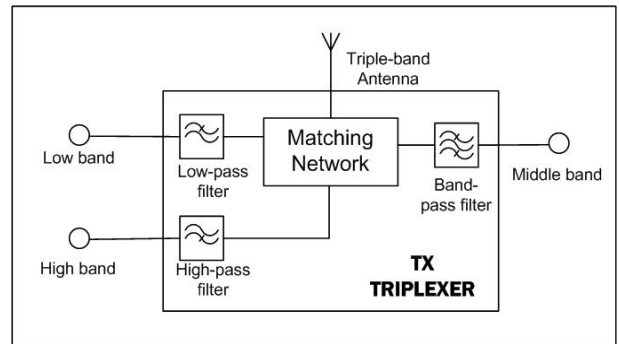
<그림 1> Wi-MAX용 Front-end 단의 구성도

2. 설 계

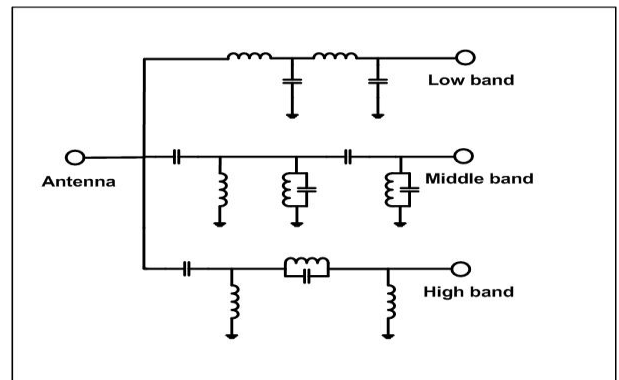
그림 1은 Wi-MAX front-end module(FEM)단의 구성도이다. 그 중 Tx 트리플렉서는 파워 증폭기의 정합회로와 바로 연결되기 때문에 증폭된 신호를 손실 없이 전송하기 위해서는 낮은 삽입손실 특성과 높은 격리도 특성을 가져야 한다. 이 중 낮은 삽입손실 특성을 얻기 위하여 설계시 수동소자의 사용을 최소화할 필요가 있다. 본 논문에서는 하나의 저역통과필터, 대역통과필터, 고역통과필터로 구성된 Tx 트리플렉서를 설계하였다.

제안된 트리플렉서를 구현하기 위한 첫 번째 단계는 각 대역별로 필터를 설계하는 것이다. 각각의 필터들은 낮은 삽입손실, 우수한 격리도 특성을 가지도록 설계되었다. 그다음 단계에서는 정합회로를 구현하여 회로를 최적화 시키는 것이다. 정합회로는 각 필터의 반사 손실을 최소화 시킨다. 이러한 일련의 과정들을 통해 각 필터들은 하나의 공통 출력 포트에 정합되었으며, 각 대역 필터들을 통해 전송하고자하는 대역의 주파수를 차단해주는 역할을 수행할 수 있게 된다.

그림 2 (a)는 제안된 트리플렉서의 모식도이다. 삽입손실, 반사손실, 격리도에서 우수한 특성을 가지기 위해서 저역통과필터, 대역통과필터, 고역통과필터, 각 필터들의 정합회로로 구성되었다. 그림 2 (b)에서는 제안된 트리플렉서의 회로도도를 나타내었다. 2GHz 대역의 신호는 저역통과필터에서, 3GHz 대역의 신호는 대역통과필터에서, 5GHz 대역의 신호는 고역통과필터에서 각각 구분되어진다. 각 필터들은 격리도를 향상시키기 위해 -0.2dB 리플의 체비세프 필터를 기본으로 하여 설계되었다.



(a)



(b)

<그림 2> Tx 트리플렉서의 모식도 (a) 와 회로도 (b)

저역통과필터는 직렬 인덕터와 병렬 커패시터로 연결된 4차 체비셰프 필터로 구성되었다. 입력단 측에 연결된 직렬 인덕터와 병렬 커패시터로 인해 2.487 GHz에서 중심 주파수를 잡도록 하였다.

3GHz 대역의 대역통과필터에 있어, 5GHz 대역보다 인접한 2GHz 저지대역의 격리도를 향상시키기 위해 저역저지를 우선으로 설계하였다. 그러기 위해서 두 개의 공진기를 이용하여 다른 대역의 신호에 대한 격리도를 향상시키고, 그 사이에 커패시터를 직렬 연결함으로써 통과대역에서의 삽입손실을 줄이도록 하였다. 또한 정합회로를 구성하기 위해 출력단에 직렬 커패시터와 병렬 인덕터를 삽입하였다.

고역통과필터는 기본적으로 직렬 커패시터와 병렬 인덕터로 연결된 2차 체비셰프 필터로 구성하였다. 이때 3GHz 대역 내에서의 격리도를 향상시키기 위해 대역저지 공진기를 연결하였다. 또한 입력단에 인덕터를 병렬로 연결하여 반사계수를 낮추게 하여 통과대역의 삽입손실을 향상시켰다.

3. 결과 및 분석

2차원 회로 해석 프로그램 (ADS)을 사용하여 Tx 트리플렉서의 회로 해석을 하였다. 트리플렉서의 삽입손실을 향상시키기 위해 수동소자를 16개로 최소화하였다. 그림 3과 표 1은 제안된 Tx 트리플렉서의 주파수 응답 특성 해석 결과를 나타낸 것이다. 삽입손실은 2GHz 대역에서 -0.5dB, 3GHz 대역에서 -0.6dB, 5GHz 대역에서 -0.4dB의 특성을 보였다. 반사손실은 2GHz 대역에서 -10dB 이상, 3GHz 대역에서 -9dB 이상, 5GHz에서 -10dB 이상의 특성을 보였다. 신호 전송의 손실 최소화를 위해서 3GHz 대역에서의 반사손실은 향후 -10dB 이상으로 최적화할 필요가 있었다. 격리도 특성은 2GHz 대역에서는 3GHz 대역 내에서 -20dB, 5GHz 대역 내에서 -43dB이었는데, 실제 제작시 기생성분 및 고주파 대역에 따른 인덕턴스 및 커패시턴스의 변화로 인해 해석결과보다 더 낮아질 가능성이 있으므로 3GHz 대역에서의 격리도를 개선할 필요가 있다. 3GHz 대역 내에서 격리도는 2GHz 대역 내에서 -24dB, 5GHz 대역 내에서 -25dB 이었다. 2GHz 대역과 3GHz 대역간의 간격이 협대역임을 고려해볼 때, 각각의 대역폭 내에서의 특성이 안정적임을 보여주고 있다. 또한 5GHz 대역에서 격리도는 2GHz 대역 내에서 -25dB, 3GHz 대역 내에서 -28dB의 결과로 나타났다.

그림 4는 스미스 차트를 통해 각 필터 반사계수가 50Ω으로 정규화 되어 특성임피던스에 가깝게 나타나고 있음을 보이고 있다. 각 통과대역에서의 특성임피던스가 45~55Ω의 범위 내에 위치할 수 있게 설계하였다. 이는 각 통과대역에서 반사손실의 최소화를 나타낸다. 모든 결과를 종합해볼 때, 제안된 트리플렉서는 수동소자의 개수를 최소화하였으며, 삽입손실 측면에서 우수한 결과를 나타내었다.

4. 결 론

본 논문에서는 Tx 트리플렉서의 설계와 회로해석 결과를 비교분석하였다. 저역통과필터, 대역통과필터, 고역통과필터로 구성된 Tx 트리플렉서는 기존에 연구되었던 트리플렉서보다 최소화된 개수의 수동소자를 사용하였으며, 이는 향상된 삽입손실 특성을 보였다. 또한 정합회로를 구성함으로써 신호전달 최적화 특성을 보였다. 설계된 트리플렉서는 고성능의 트리플렉서의 제작과 동시에 향후 차세대 부품 및 시스템의 저가화에 기여할 수 있을 것이라 예상된다.

5. 감사의 글

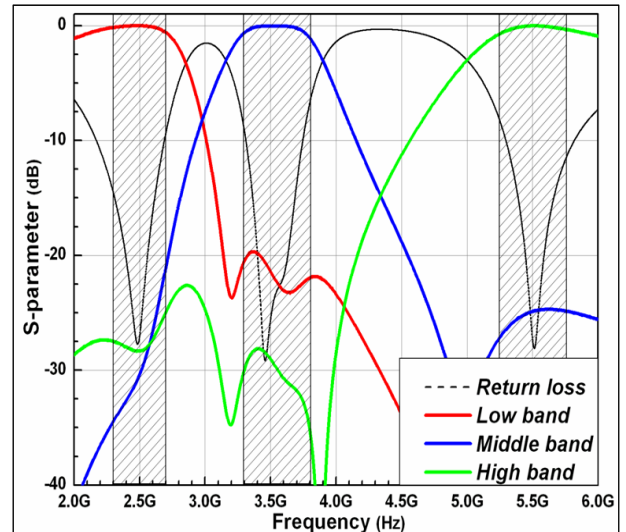
본 연구는 KWIX (Kwangwoon university IT Exhibition) project와 해동과학문화재단의 지원을 받아 수행하였음.

[참 고 문 헌]

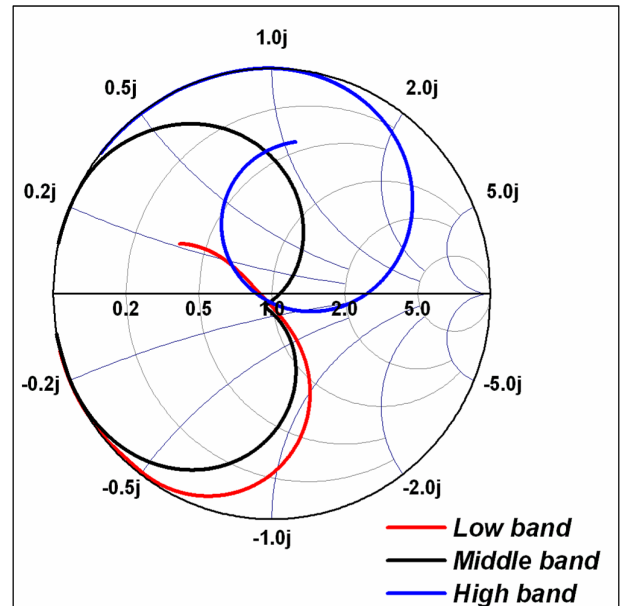
- [1] Dongsu Kim, et al, "LTCC-based Triplexers for WiMAX Front-end Modules", Electrical Design of Advanced Packaging and Systems Symposium, 2008
- [2] Dongsu Kim, et al, "Highly Integrated Triplexers for WiMAX Applications", 2008 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 2008.
- [3] D. Orlenko, et al, "LTCC Triplexer for WiMax Applications", 35th European Microwave Conference, 2005
- [4] D. Budimir, and L. Ahukorala, "Miniaturised Microstrip Diplexers for WiMAX Application", Antennas and Propagation Society International Symposium, 2008
- [5] 임성표, 천성중, 박재영, "북미향 CDMA단말기용 PCB 임베디드된 트리플렉서와 듀얼밴드/트라이모드 RF 모듈", 2008 대한전기학회 하계학술대회, 2008

<표 1> Tx 트리플렉서의 시뮬레이션 결과

	Performance			
	IL (dB _{min.})	RL (dB _{min.})	Isol. (dB _{Max.})	
			Lower	Higher
Low band (2.3~2.7GHz)	-0.5	-10	-20	-43
Middle band (3.3~3.8GHz)	-0.6	-9	-24	-25
High band (5.25~5.85GHz)	-0.4	-10	-25	-28



<그림 3> Tx 트리플렉서의 주파수 응답 특성 해석 결과



<그림 4> Tx 트리플렉서의 스미스 차트