

GaAs IPD 기술을 이용한 5G NR n79 대역 대역통과 필터 설계에 관한 연구

김지은, 채수창
한국전자기술연구원

kje1469@keti.re.kr, sc.chae@keti.re.kr

A Study on the Design of a 5G NR n79 Band Bandpass Filter Using GaAs IPD Technology

Kim Ji Eun, Chae Soo Chang
Korea Electronics Technology Institute

요 약

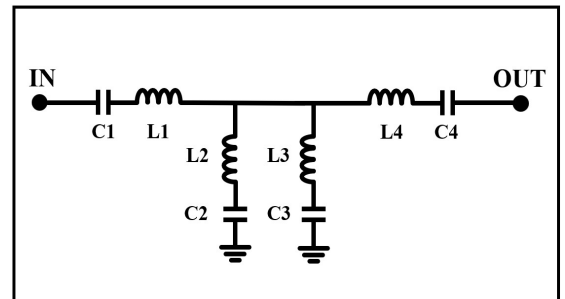
본 논문에서는 GaAs 기반 Integrated Passive Device(IPD) 기술을 이용하여 5G NR n79 대역(4.4– 5.0 GHz)에 적용 가능한 대역통과 필터를 설계하였다. 제안된 필터는 직렬 공진기와 병렬 공진기를 결합한 구조로, 직렬 공진기를 통해 통과대역을 형성하고 병렬 공진기를 이용해 전송 영점(Transmission Zero)을 생성함으로써 높은 선택도와 우수한 인접대역 억압 특성을 확보하였다. 시뮬레이션 결과, 중심 주파수 약 4.7 GHz 에서 동작하며 4.4– 5.1 GHz 통과대역에서 - 2 dB 이내의 삽입손실을 나타냈다. 또한 국내에서 상용 운용 중인 5G n78 대역(3.3– 3.8 GHz)에 대해 약 - 20 dB 이상의 감쇄 성능을 확보하였다. 제안된 필터는 IPD 기반 구현을 통해 소형화가 가능하며, 향후 Private 5G, 특히 국내 이음 5G 환경의 RF 프론트엔드 모듈에 적용 가능한 설계 대안이 될 것으로 기대된다.

I. 서 론

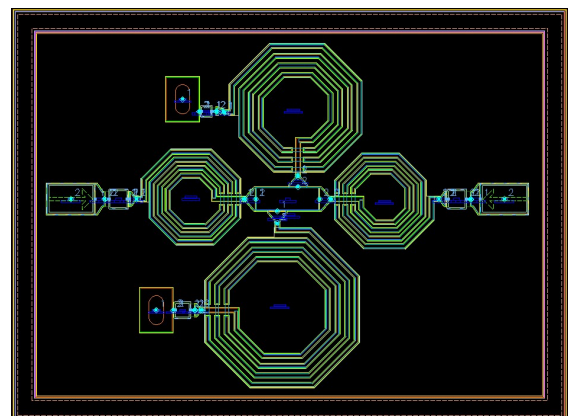
최근 5G 이동통신은 대용량 데이터 전송, 초저지연 통신, 대규모 단말 연결을 요구하는 다양한 서비스로 확장되고 있다. 우리나라는 현재 3.3– 3.8 GHz 대역(n78)을 중심으로 5G 이동통신 서비스를 상용화하여 운용하고 있으며, 해당 대역은 공공 이동통신망에서 핵심적인 역할을 수행하고 있다[1]. 그러나 산업 자동화, 스마트팩토리, 국방 및 공공안전 통신과 같은 분야에서는 기존 공공망과 분리된 독립적인 통신 환경이 요구되며, 이에 따라 프라이빗 5G 및 이음 5G 에 대한 관심이 증가하고 있다.

이러한 응용 환경을 위해 4.4– 5.0 GHz 대역의 5G NR n79 주파수는 비교적 넓은 연속 주파수 폭을 제공하며, 기존 n78 대역과 구분된 주파수 자원으로 활용 가능하다는 장점을 가진다. 특히 국내에서도 이음 5G 제도를 통해 해당 대역의 활용이 논의되고 있어, n79 대역에 적합한 RF 프론트엔드 부품 기술에 대한 연구가 필요하다[2]. n79 대역을 실제 시스템에 적용하기 위해서는 통신 시스템 내에서 인접대역 간 간섭을 효과적으로 억제하고, 동시에 낮은 삽입손실을 유지하는 고성능 RF 필터가 필수적이다.

한편, GaAs 기반 Integrated Passive Device(IPD) 기술은 고품질의 수동소자를 집적화할 수 있으며, 우수한 RF 특성, 뛰어난 소형화 이점을 제공한다[3]. 이러한 특성은 제한된 공간 내에서 고성능 RF 모듈을 구현해야 하는 5G 단말 및 산업용 통신 장비에 매우 적합하다.



(a)



(b)

그림 1. 제안된 필터의 (a) 회로도; (b) 레이아웃

본 논문에서는 GaAs IPD 공정을 이용하여 4.4~ 5.0 GHz 5G n79 대역에 적용 가능한 대역통과 필터를 설계하고, 성능을 분석한다.

II. 본론

제안된 필터는 직렬 공진기와 병렬 공진기를 조합한 구조를 통해 통과대역 형성과 동시에 전송영점을 생성하여 높은 선택도를 구현하였으며, 특히 국내에서 이미 사용 중인 n78 대역에 대한 효과적인 차단 특성을 확보하였다. 본 연구에서 제안하는 설계는 향후 5G RF 프론트엔드 모듈에 적용 가능한 실용적 대안이 될 수 있다.

그림 1에서 두 개의 직렬 공진기(series resonator)는 중심 주파수 약 4.7 GHz에서 통과대역을 형성하며, 추가된 두 개의 병렬 공진기(shunt resonator)는 3.8 GHz와 6.1 GHz에서 전송 영점(Transmission Zero)을 형성하여 급격한 감쇄 특성을 유도한다. 이를 통해 passband 양 측면의 스킵트 특성이 향상되며, 인접대역 신호 억압이 가능해진다. 또한, n78 대역(3.3~ 3.8 GHz)의 간섭 최소화를 위해 공진 소자 값을 조정하여 해당 영역에서 강한 감쇄가 발생하도록 설계 파라미터를 최적화하였다.

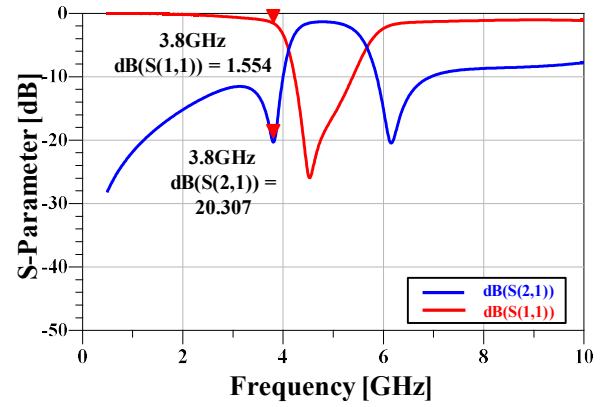
설계된 필터의 성능을 검증하기 위해 EM 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과를 그림 2에 나타내었다. 중심 주파수 약 4.7 GHz에서 삽입손실(S21)은 -2 dB 이내로 나타났으며, 반사손실(S11)은 -20 dB 이하로 양호한 임피던스 정합 특성을 확인하였다. 통과대역은 4.4~ 5.1 GHz 구간으로 형성되었으며, 해당 대역에서 삽입손실(S21)은 4.78 GHz에서 최대 -1.338 dB, 4.4 GHz에서 최소 -1.901 dB를 나타내어 비교적 평탄한 특성을 유지하였다.

또한 인접대역 억압 특성을 분석한 결과, 5G n78 대역 상단에 해당하는 3.8 GHz에서 반사손실(S11)은 -1.554 dB, 삽입손실(S21)은 약 -20 dB를 나타냈다. 이는 해당 주파수에서 신호가 효과적으로 반사되고 전달이 억제됨을 의미하며, 병렬 공진기에 의해 형성된 전송 영점의 영향으로 n78 대역 신호가 충분히 차단되었음을 보여준다. 이러한 결과를 통해 제안된 필터가 국내 5G 운용 환경에서 요구되는 인접대역 간섭 억제 성능을 만족함을 확인하였다.

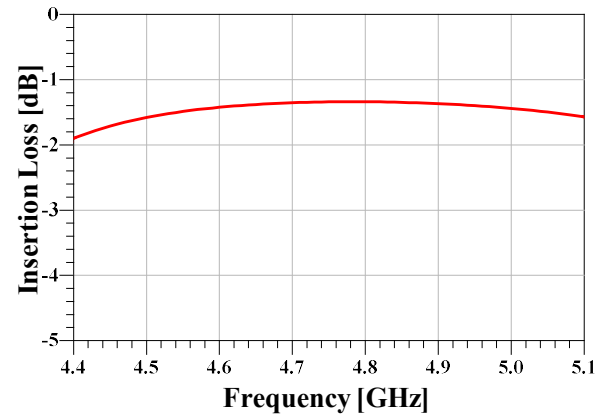
III. 결론

본 논문에서는 GaAs 기반 Integrated Passive Device(IPD) 기술을 이용하여 5G NR n79 대역에 적용 가능한 대역통과 필터를 설계하고 그 성능을 분석하였다. 제안된 필터는 직렬 공진기와 병렬 공진기를 결합한 구조를 통해 통과대역 형성과 전송 영점 생성을 동시에 구현하였으며, 이를 통해 -2 dB 이내의 삽입손실과 우수한 인접대역 억압 특성을 확보하였다.

시뮬레이션 결과, 제안된 필터는 4.4~ 5.1 GHz 통과대역에서 안정적인 대역통과 특성을 나타냈으며, 국내에서 상용 운용 중인 n78 대역에 대해 약 -20 dB 이상의 감쇄 성능을 확보하였다. 또한 IPD 기반 구현을 통해 소형화가 가능하여, 향후 Private 5G 시스템, 특히 국내 이음 5G 환경의 RF 프론트엔드 모듈에 적용 가능한 실용적인 설계 대안임을 확인하였다.



(a)



(b)

그림 2. 제안된 IPD 기반 5G n79 대역 대역통과 필터의 (a) S-파라미터 특성; (b) 삽입손실 특성

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO. RS-2024-00397896, 5G 스마트폰용 n77~n79 대역 MIMO 지원 고효율 RF 모듈 개발).

참 고 문 헌

- [1] S. Mahony, "The 5G Effect on RF Filter Technologies," IEEE Trans. Semiconductor Manufacturing, vol. 30, no. 4, pp. 494– 499, 2017.
- [2] 이상윤, "이음 5G 서비스 국내외 동향과 활성화 정책방안," 한국전자과학회논문지, 제 33 권, 제 7 호, pp. 531– 540, 2022.
- [3] X. Li, M. Xing, G. Liu, X. Yang, and C. Dai, "Compact Bandpass Filter Based on GaAs IPD Process for RF Applications," Electronics, vol. 10, no. 23, Art. no. 2998, 2021.