

# A HPF Design Technique for Wall-clutter Attenuation

김병준<sup>\*</sup>, 구종섭, 김덕수, 남상욱

INMC & Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University

[bjkim@ael.snu.ac.kr](mailto:bjkim@ael.snu.ac.kr)

## I. 서론

최근 FMCW타입의 레이더를 이용한 벽투과 표적탐지응용에 관한 연구가 많이 진행되고 있다 [1]. FMCW타입의 레이더는 벽에 의한 반사파를 고주파대역통과필터(High-pass filter, HPF)를 이용하여 제거할 수 있다 [2]. 본 연구는 이런 FMCW레이더에 사용가능한 HPF 설계에 관한 연구이다.

## II. 본론

벽투과응용에 있어서 FMCW레이더는 여러 장점을 가지고 있다. 그 중 하나로서, 벽에 의한 큰 반사파를 HPF를 통해 제거함으로써 높은 동작범위를 얻을 수 있다는 장점이 있다. Direct conversion 타입의 FMCW레이더는 믹서출력단에서 표적 혹은 클러터의 시간에 비례한 주파수를 생성하므로 HPF통해서 벽클러터신호만 제거할 수 있다.

FMCW레이더의 칩레이트, 벽과 표적과의 거리가 정해지고, 레이더 내부의 시간지연 혹은 시간감쇄에 대하여 알고있다면 벽에 의한 비트주파수  $f_w$ , 표적에 의한 비트주파수  $f_T$ 를 구할 수 있다. HPF가 시나리오상 가장 높은  $f_w$  와 가장 낮은  $f_T$ 를 가질 경우 원하는 감쇄를 만족한다면 다른 시나리오의 경우에도 적어도 그 이상의 감쇄를 보장하므로 가장 높은  $f_w$  와 가장 낮은  $f_T$ 를 고려하여 HPF를 설계하면 된다.  $f_w$  와  $f_T$ 가 결정되었으므로 필터설계 공식에 의해 원하는 감쇄를 얻기위한 필터차수, 이를 구현하기 위한 capacitor, inductor값을 구할 수 있다 [3].

본 경우에서 구현하려는 필터는 2차의 컷오프주파수가 220 kHz인 Butterworth타입의 HPF이다. 이론적으로 얻을 수 있는 값은 28.17  $\mu$ H의 병렬인덕터와 11.27 nF의 직렬캐패시터이다. 그러나 믹서의 경우 출력단의 부하로 50 $\Omega$ 을 바라보는 경우와 short, open을 바라보는 경우 특성이 달라질 수 있다. 실제 구현에서는 30  $\mu$ H의 병렬인덕터와 12 nF의 직렬캐패시터를 사용했다. 그림 1에서 보다시피 필터만을 측정하였을 경우 병렬인덕터-직렬캐패시터의 순으로 구현하는 것과 직렬캐패시터-병렬인덕터 순으로 구현하는 것 사이에 특성의 차이가 없다. 그러나 믹서와 결합하여 측정하였을 경우 병렬인덕터가 혼합기의 출력부와 바로 결합되는 경우 비록 혼합기의 통과대역은 50 $\Omega$ 으로 보이는 반면 DC level은 GND와 같아진다. 반면 직렬캐패시터가 혼합기의 출력부와 바로 결합되는 경우 혼합기의 출력부의 DC 근처 주파수에서는 open에 가까운 load값을 보게된다. 이에 따라 주파수 특성이 그림1과 같이 각각 변화하게 된다.

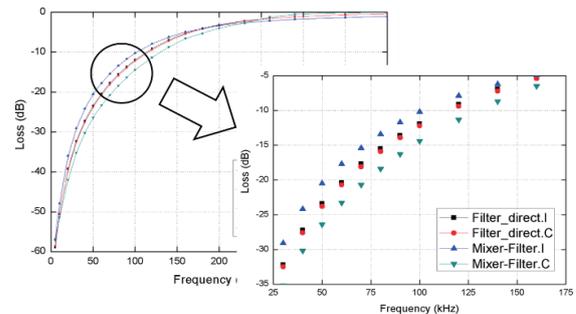


그림1. 필터응답; 필터만의 응답(C first, I first), 믹서와 함께 있을 경우의 필터응답(C first, I first).

컷오프주파수와 감쇄특성 모두가 변화하는 것을 알 수 있으며, 혼합기의 출력부가 직렬캐패시터와 결합되어 DC근처 주파수에서 open에 가까운 load값을 보는 것이 감쇄적인 측면, 컷오프주파수측면 모두에서 유리한 것을 알 수 있다. 이에 따라 12 nF의 직렬캐패시터가 혼합기의 출력부에 먼저 위치하고 이후 30  $\mu$ H의 병렬인덕터를 구현하는 방법을 사용하여 2차의 Butterworth타입의 HPF를 구현했다.

위 필터를 제안한 레이더시스템과 결합하여 emulation 테스트를 수행한 결과 벽은 약 4.3 m, 표적은 약 5.7 m에 위치할 경우 위의 필터를 이용해서 벽에 의한 신호만 30 dB이상 감쇄시킬 수 있었다.

## III. 결론

FMCW레이더의 HPF 구현에 관한 연구를 수행하였다. 구현한 HPF는 보유한 FMCW레이더시스템과 결합하여 emulation 테스트를 수행하였고, 그 결과 2차의 HPF만을 이용하여 벽과 표적이 가까이 존재하는 경우 (약 1.4 m)에도 높은 감쇄 (30 dB)를 얻을 수 있었다.

## Reference

- [1] G. L. Carvat, L. C.Kempel, E. J. Rothwell, C. M. Coleman, and E. L. Mokole, "A through-dielectric radar imaging system," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 8, pp. 2594–2603, Aug. 2010.
- [2] B. Kim, et al., "A dual-band FMCW radar for through-wall detection," in *Proc. IEEE The 5-th APSAR*, Sep. 2015, pp. 54–57.
- [3] J. S. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, 2001 :Wiley