

## FMCW 레이더의 LO-RF 진폭변조잡음 분석

구종섭\*, 김병준, 남상욱

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신공동연구소

[jskoo1023@ael.snu.ac.kr](mailto:jskoo1023@ael.snu.ac.kr); [snam@snu.ac.kr](mailto:snam@snu.ac.kr)

### I. 서론

이상적인 FMCW 레이더의 경우와 달리, 실제로는 수신기의 혼합기로 들어오는 LO 포트와 RF 포트 신호는 의도치 않은 왜곡이 발생하여 진폭이 일정하지 않고 변조된 특성을 가진다. 이러한 진폭변조는 Fourier-term 들의 합으로 표현할 수 있고, 혼합기와 필터를 지난 신호를 계측기에서 관찰하면 비트주파수로부터 Fourier-term 에 해당하는 주파수만큼 떨어진 곳에 잡음을 발생시킨다. [1]에서는 진폭변조를 1 개의 dominant 한 Fourier-term 으로 표현하였고 LO 와 RF 의 진폭변조가 같다고 가정하였다. 본 논문에서는 LO 포트와 RF 포트 신호의 서로 다른 각각의 진폭변조에 대하여, 비트주파수 근처의 진폭변조잡음을 충분히 표현할 수 있는 Fourier-term 들의 개수를 분석하였고 이 때의 진폭변조잡음을 알아보았다.

### II. 본론

신호의 진폭변조를 시간에 대하여 Fourier-term들의 합으로 표현하면 다음과 같다.

$$A(t) = A_0 \left( 1 + \sum_{i=1}^k m_i \cos(\omega_i t) \right) \quad (1)$$

이 때,  $m_i = A_i/A_0$ 는 진폭변조요소이고  $\omega_i$ 는 변조 주파수이다. 식 (1)을 이용하여 상승 칩 동작 시 레이더 수신기의 혼합기로 들어오는 LO 포트, RF 포트의 신호와 여과된 IF 포트의 신호를 표현하면 다음과 같다.

$$S_{LO}(t) = A_{0,LO} \left( 1 + \sum_{i=1}^k m_i \cos(\omega_i t) \right) \cos \left( \omega_0 t + \frac{1}{2} C_R t^2 \right) \quad (2)$$

$$S_{RF}(t) = A_{0,RF} \left( 1 + \sum_{i=1}^k n_i \cos(\omega_i t) \right) \cos \left( \omega_0 (t - \tau) + \frac{1}{2} C_R (t - \tau)^2 \right) \quad (3)$$

$$S_{IF}(t) = \frac{1}{2} A_{0,LO} A_{0,RF} \left[ \begin{aligned} & \cos(C_R \tau t + \phi') \\ & + \sum_{i=1}^k \frac{1}{2} m_i \left\{ \begin{aligned} & \cos(C_R \tau t + \omega_i t + \phi') \\ & + \cos(C_R \tau t - \omega_i t + \phi') \end{aligned} \right\} \\ & + \sum_{i=1}^k \frac{1}{2} n_i \left\{ \begin{aligned} & \cos(C_R \tau t + \omega_i t + \phi' - \omega_i \tau) \\ & + \cos(C_R \tau t - \omega_i t + \phi' + \omega_i \tau) \end{aligned} \right\} \end{aligned} \right] \quad (4)$$

이 때,  $\phi' = \omega_0 \tau - C_R \tau^2 / 2$  이다. 식 (4)에서 위상 차이  $\omega_i \tau$  의 값은 근거리 표적의 경우 무시 할 수 있고, 비트주파수 ( $C_R \tau$ )로부터  $\pm \omega_i$  만큼 떨어진 곳에서 부엽이 생

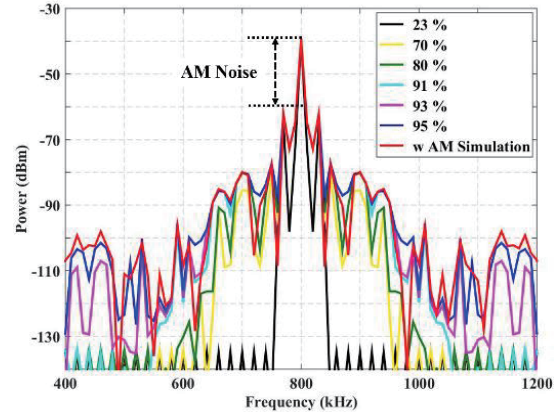


그림. 1 800 kHz 비트주파수 스펙트럼: LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조를 표현하는 Fourier-term 의 개수에 따른 진폭변조잡음.

긴다는 것을 알 수 있다. 그림. 1 은 S 대역(3.0~3.4 GHz)의 칩 신호를 사용하여 식 (4)를 FFT 한 결과를 800 kHz 의 비트주파수에 대하여 나타낸 것이고, Fourier-term 들의 개수에 따른 FFT 에너지를 늘려가며 관찰하였다. 그 결과, 100 %의 비대역폭 내에서 1 개의 dominant 한 Fourier-term 만으로는 첫 번째 부엽을 제외한 진폭변조잡음 특성을 충분히 나타내지 못하였고, 93 % 이상의 에너지에 해당하는 Fourier-term 들을 사용해야 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

### III. 결론

FMCW 레이더 수신기의 혼합기로 들어오는 LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조에 대하여 비트주파수 근처의 진폭변조잡음을 충분히 표현할 수 있는 Fourier-term 들의 개수를 분석하였고, 100 %의 비대역폭 내에서 93 % 이상의 에너지에 해당하는 Fourier-term 들을 사용해야 함을 확인하였다.

### Acknowledgement

“이 논문은 2016년도 두뇌한국 21 플러스사업에 의하여 지원되었음.

### 참고문헌

- [1] H. Griffiths. “The effect of phase and amplitude errors in FM radar,” in Proc. Inst. Elec. Eng.-Colloq. High Time-Bandwidth Product Waveforms Radar Sonar, pp. 9/1-9/5, May. 1991.