

FMCW 레이더에서 LO-RF 진폭변조의 위상 차이에 따른 진폭변조잡음 분석

¹구종섭, 김병준, 김호열, ²남상욱

서울대학교 전기컴퓨터공학부 뉴미디어통신공동연구소

¹jskoo1023@ael.snu.ac.kr, ²snam@snu.ac.kr

요 약

FMCW 레이더 수신기의 혼합기로 들어오는 LO 포트와 RF 포트 신호의 의도치 않은 진폭 변조는 비트주파수 주변에 잡음을 발생시킨다. 본 논문은 LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조를 나타내는 각각의 Fourier-term 들 간의 위상 차이에 따른 진폭변조잡음을 분석하였다.

I. 서론

이상적인 FMCW 레이더의 경우, 수신기의 혼합기로 들어오는 LO 포트와 RF 포트 신호는 진폭이 일정하지만 실제의 경우에는 의도치 않은 왜곡이 발생하여 진폭이 일정하지 않고 변조된 특성을 가진다. 이러한 LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조는 Fourier-term 들의 합으로 표현할 수 있고, 혼합기와 필터를 지난 신호를 계측기에서 관찰하면 비트 주파수로부터 Fourier-term 에 해당하는 주파수만큼 떨어진 곳에 잡음을 발생시킨다.[1] 본 논문에서는 LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조를 나타내는 각각의 Fourier-term 들 간의 위상 차이에 따른 진폭변조잡음을 분석하였다.

II. 본론

신호의 진폭변조를 시간에 대하여 Fourier-term 들의 합으로 표현하면 다음과 같다.

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

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

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

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

$$S_{IF}(t) = \frac{1}{2} A_{0,LO} A_{0,RF} \left[\begin{aligned} & \cos(C_R \tau t + \phi') \\ & + \frac{1}{2} m_j \left\{ \begin{aligned} & \cos(C_R \tau t + \omega_j t + \phi' + \phi_{LO,j}) \\ & + \cos(C_R \tau t - \omega_j t + \phi' - \phi_{LO,j}) \end{aligned} \right\} + \sum_{i=1}^{j-1} \dots \\ & + \frac{1}{2} n_j \left\{ \begin{aligned} & \cos(C_R \tau t + \omega_j t + \phi' + \phi_{RF,j} - \omega_j \tau) \\ & + \cos(C_R \tau t - \omega_j t + \phi' - \phi_{RF,j} + \omega_j \tau) \end{aligned} \right\} + \sum_{i=1}^{j-1} \dots \end{aligned} \right] \quad (4)$$

이 때 ω_0 는 칩 시작 주파수, ω_j 는 $m_j \times n_j$ 이 최대가 되는 변조 주파수, m_j 와 n_j 는 ω_j 에서의 LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조요소이다. 이 때 비트주파수로부터

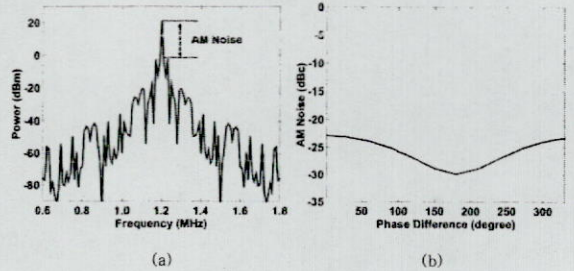


그림. 1(a) 1.2 MHz 비트주파수 스펙트럼. (b) LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조를 나타내는 각각의 Fourier-term 들 간의 위상차이에 따른 첫 번째 부엽의 진폭변조잡음.

+ ω_j 만큼 떨어진 곳에서 LO 포트와 RF 포트 신호 진폭의 위상 차이는 다음과 같다.

$$\Delta \phi_j = \phi_{LO,j} - \phi_{RF,j} + \omega_j \tau \quad (5)$$

그림. 1(a)는 S 대역(3.0~3.4 GHz)의 칩 신호를 사용하여 식 (4)를 FFT 한 결과를 1.2 MHz의 비트주파수에 대하여 나타낸 것이고, 여기서 Fourier-term 들의 개수는 전체 신호 에너지의 95%에 해당하도록 선택하였다. 그림. 1(b)는 식 (5)에서 세 번째 항의 τ 를 가변시켜 위상 차이를 발생시키고 이에 따른 첫 번째 부엽에서의 진폭변조잡음의 크기를 나타낸 것이다. 위상 차이가 180도 일 때 최소의 잡음을 가지며 이는 동위상일 때에 비하여 약 7 dB 낮은 값이다.

III. 결론

FMCW 레이더 수신기의 혼합기로 들어오는 LO 포트와 RF 포트 신호의 진폭변조를 나타내는 각각의 Fourier-term 들 간의 위상 차이에 따른 진폭변조잡음의 변화를 알아보았다. 그 결과, 역위상일 때 최소의 잡음을 가짐을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

"이 논문은 2016년도 두뇌한국 21 플러스사업에 의하여 지원되었음."

참고 문헌

[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.