

차량용 레이더 간섭신호에 대한 영향성 연구

최 원 종 · 강 석 현 · 공 영 균*

현대모비스 ADAS센서설계팀

A Study on the Effect of Interference Signal in Automotive Radar

Wonjong Choi · Seokhyun Kang · Youngkyun Kong*

Hyundai Mobis

Key words : Automotive radar(차량용 레이더), FMCW radar(FMCW 레이더), Interference signal(간섭), interference suppression(간섭 제거), ADAS(첨단 운전자 지원 시스템)

*Corresponding Author, E-mail: youngkyun.kong@mobis.co.kr

최근 자율주행 자동차에 대한 관심이 높아지면서 다양한 센서(레이더, 카메라, 라이다 등)를 이용한 시스템에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그 중 날씨의 영향이나 도로 환경에 강건한 레이더의 활용도가 높아지고 있다. 도로 위의 차량용 레이더를 장착한 차량이 증가함에 따라 레이더를 장착한 다른 차량으로부터의 간섭신호에 대한 연구가 필요하다. 다른 차량에 장착된 레이더에서의 송신 신호가 자가 차량의 레이더에 수신되어 실제 표적 검출을 방해하는 신호를 간섭신호라고 정의한다. 레이더를 장착한 자동차가 실제 도로상에 많이 운행될수록 간섭신호에 대한 영향이 높아질 것이라고 예상되며, 안전한 자율주행을 위해 차량용 레이더간의 간섭신호에 대한 연구는 반드시 필요한 상황이다. 간섭신호를 제거하기 위한 방법으로 신호를 송신하기 전에 특정 코드를 인가하여 신호간의 연관성을 줄이거나 여러 개의 간섭신호가 섞여있는 경우 추가적인 신호처리를 통해 실제 표적으로 예상되는 신호만 검출하는 방법들이 있다. 본 논문은 fast ramp FMCW 레이더 시스템에서 간섭신호에 대한 모델링 및 분석을 진행하고 CFAR(Constant False Alarm Rate) 레벨을 조정하는 추가적인 신호처리를 통해 간섭신호를 제거하여 실제 표적을 검출하는 방법을 제안한다.

본 논문은 자차 속도와 전방의 표적과의 거리는 50m이고, 상대속도는 10m/s이며, 간섭신호원은 전방 80m/s에서 상대속도 -10m/s로 움직이는 상황을 가정하여 모의실험을 진행하였다. 간섭신호가 CW 신호인 경우, 1D FFT의 잡음 레벨을 일정하게 올라가며 2D FFT에서 Range bin에 퍼져 검출되는 것을 확인하였다. 또한 간섭신호가 차량 레이더와 시간적 주기는 같고 대역폭이 다른 FMCW 신호인 경우, 1D FFT의 잡음 레벨이 일정하게 올라가며 2D FFT에서 여러 Doppler bin에서 Range bin에 대해 검출되는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 차량용 FMCW 레이더는 시스템 특성상 간섭신호와 서로 다른 시간적인 주기와 주파수 대역폭을 사용함으로써 간섭신호는 주파수 대역에서 넓게 퍼지는 현상이 발생하여 1D FFT의 잡음 레벨을 일정하게 높이는 것을 확인할 수 있다. 따라서 간섭신호가 발생하여도 수신신호의 잡음 레벨을 계산하고 이를 통하여 잡음, 클러터, 간섭 등의 영향에 대응하여 표적을 감지하는 CFAR 알고리즘의 문턱값을 증가한 잡음 레벨만큼 올리면 간섭신호에 영향을 받지 않고 실제 표적을 구분 할 수 있다. 간섭신호가 PRI, bandwidth가 모두 다른 FMCW 신호일 때, 2D FFT 결과가 간섭신호에 의해 모든 주파수 대역에서 간섭 영향이 일어나는 경우에도 1D FFT에서 간섭신호 발생 시, 잡음 평균 레벨이 증가한 만큼 CFAR 알고리즘의 문턱값을 올리면 간섭신호와 무관하게 표적을 정확하게 구분할 수 있다.

수신신호에 간섭신호가 영향 끼치는 경우, 여러 Doppler bin과 range bin에서 평균 잡음 레벨보다 큰 신호를 표적으로 검출될 수 있다. 신호의 임계값을 결정하여 표적을 검출하는 CFAR 알고리즘에서 1D FFT 결과에 따라 신호의 평균 잡음을 계산하여 임계값을 조정할 경우, 간섭신호와 무관하게 표적을 정확하게 구분할 수 있다.

간섭신호가 없을 때와 동일하게 CFAR를 적용할 경우, 간섭에 의해 발생한 신호를 완벽하게 제거하지 못하여 실제 표적이 아닌 정보에 대해 오경보를 일으킬 수 있다. 모의실험 결과, 간섭신호가 없을 때 1D FFT 결과의 평균 잡음의 크기는 약 8.34dB이고 간섭신호 발생 시 평균 잡음의 크기는 15.15dB로 약 6.82dB의 차이를 갖는다. 따라서 CFAR 임계값을 6.82dB만큼 증가시키면 오경보 없이 표적을 검출할 수 있다. 따라서 실시간으로 수신신호의 1D FFT 결과의 평균 잡음 크기를 계산하고 CFAR 임계값을 조정하여 간섭신호를 제거하고 표적을 검출할 수 있다. 모의실험을 통해 차량용 레이더 시스템에서 다른 차량 레이더에 의한 간섭신호를 모사하여 신호의 간섭 유무에 무관하게 수신신호의 잡음 평균 레벨을 계산하고 CFAR의 임계값을 조절하여 실제 표적 검출이 가능함을 확인하였다.

본 논문은 차량용 fast ramp FMCW 레이더 시스템에서 다른 차량의 레이더 신호를 간섭신호로 가정하여 모델링하고 이에 따른 영향을 분석하였다. 차량용 FMCW 레이더는 시스템 특성상 간섭신호가 CW 신호 혹은 다른 시간적 주기(PRI)와 주파수 대역폭을 사용하는 FMCW 신호일 때, 간섭신호가 주파수 대역에서 넓게 퍼지는 현상이 발생하여 1D FFT의 잡음 레벨을 일정하게 높이는 것을 확인하였다. 또한 2D FFT에선 여러 Doppler bin에서 Range bin에 피크 값이 존재하여 실제 표적이 아닌 간섭신호에 의한 오경보가 발생할 수 있다. 이 때, CFAR 알고리즘의 임계값을, 1D FFT에서 간섭신호 발생 시 증가하는 잡음 평균 레벨만큼 증가시키면 간섭에 의한 영향을 제거하고 실제 표적만을 검출할 수 있음을 확인하였다.

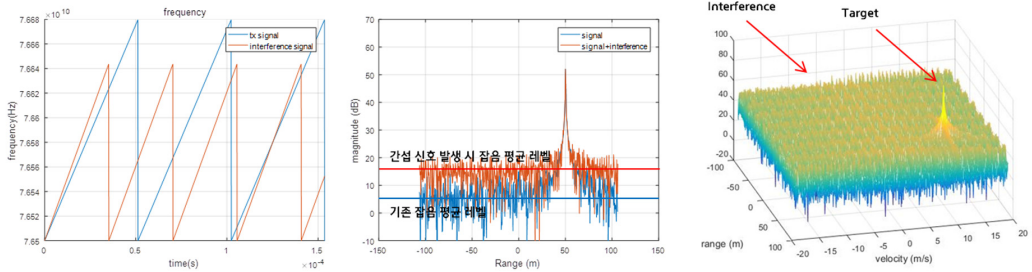


Figure. 1 1D FFT, 2D FFT results according to interference signals.

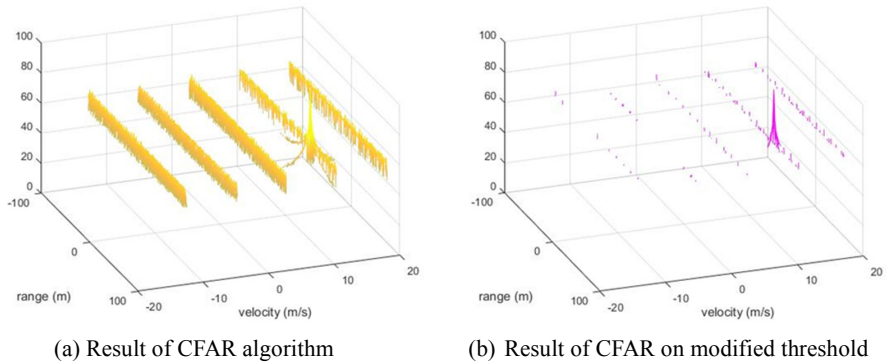


Figure. 2 CFAR results according to interference signals.