

차량용 레이더 신호처리 소프트웨어 구현 및 평가

신동승, 정소희, 이재호, 서동욱, 박미룡
한국전자통신연구원

{moojuck, SoHeeJ, jhlee1229, seodongwook, mrpark}@etri.re.kr

Implementation and Evaluation of Radar Signal Processing Software for Automotive Environment

Dongseung Shin, So-Hee Jeong, Jae-Ho Lee, Dong-Wook Seo, Mi-Ryong Park
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 차량용 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 레이더 신호처리 소프트웨어 구현과 그 성능에 대한 평가를 한다. 구현된 소프트웨어는 레이더 파형 생성, ADC 샘플링, FFT 등의 기능과 CFAR, DBF, 추적 프로세스로 구성되어 있다. 모든 기능과 알고리즘은 MCU 에 탑재되어 동작하며 모의 표적을 이용한 테스트 및 실제 차량을 이용한 필드 테스트를 통해 검증하였다.

I. 서 론

최근 운전자의 편의성과 안전성에 대한 요구에 따라 차량에 대한 ACC(Adaptive Cruise Control), LDW(Lane Departure Warning), BSD(Blind Spot Detection)와 같은 ADAS(Advanced Driver Assistance System) 시스템이 많이 개발되고 있으며, 더 나아가서는 운전자의 개입이 필요없는 자율주행차의 구현에 대해 많은 관심이 주어지고 있다. 이를 위해서 ADAS 는 도로 위에서 발생하는 모든 상황에 대해 빠르게 대응해야 하므로 주변환경인지기술의 발전이 요구된다. [1]

주변환경인지를 위한 기술에는 레이더, 라이더, 카메라 등 다양한 종류의 센서들이 사용된다. 그 중 레이더 센서는 전파를 이용해 물체의 거리, 속도, 각도를 감지하는 센서로서 탐지거리가 길고 환경변화에 의한 영향이 적어 차량용 센서로 많이 사용되고 있다.

본 논문에서는 차량용 77GHz FMCW 레이더를 위한 신호처리 소프트웨어를 구현하고 시험을 통해 성능을 검증한다.

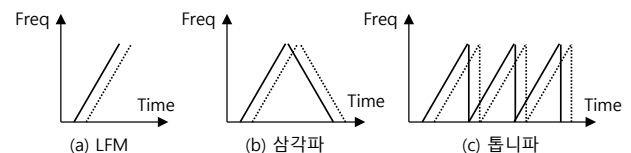
II. FMCW 레이더 표적 검출 개요

FMCW 레이더는 표적을 검출하기 위해 특별히 고안된 레이더 파형을 전송하고 표적에 의해 반사된 신호를 수신하여 처리함으로써 표적까지의 거리와 속도, 각도를 검출한다.[2]

FMCW 레이더에서 사용하는 파형의 가장 기본적인 형태는 그림 1(a)와 같이 시간에 따라 주파수가 변하는

파형으로써, 송신한 신호와 표적에 의해 반사되어 수신된 신호 간의 주파수 차이(비트 주파수, beat frequency)를 분석하여 표적까지의 거리를 파악한다.

표적이 움직이는 경우에는 비트 주파수에 도플러 주파수가 포함되어 있으며 도플러 주파수를 파악하기 위해 그림 1(b)처럼 삼각형의 파형을 사용하거나, 그림 1(c)와 같이 톱니 모양의 파형을 사용하기도 한다.

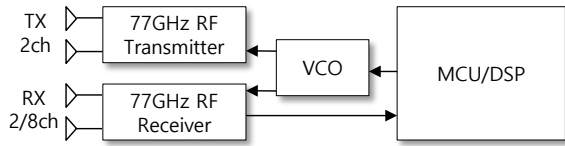


<그림 1. 레이더 파형, (a)LFM, (b)삼각파, (c)톱니파>

표적과의 각도를 파악하기 위해서는 2 개의 수신 안테나를 사용하여 각 안테나로 수신된 신호의 위상차 혹은 신호세기를 이용하는 삼각측량에 기반한 기법이 있으며, 3 개 이상의 수신 안테나를 사용하여 DBF(Digital Beamforming)를 적용하기도 한다.

III. 신호처리 소프트웨어 구현

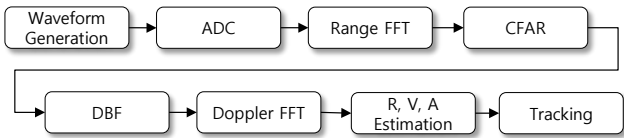
본 논문에서 사용한 FMCW 레이더 시스템 구성은 그림 2 와 같다.



<그림 2. FMCW 레이더 시스템 구성도>

MCU(Microcontroller Unit)에서 VCO(Voltage Controlled Oscillator)를 제어하여 레이더 파형을 생성하고 송신부를 통해 파형을 송신한 후 수신부를 통해 표적에 의해 반사된 신호를 수신한다. 수신된 신호는 송신한 신호와 곱하여 두 신호의 주파수 차이에 해당하는 아날로그 신호로 변환된다.

이 시스템을 이용하여 구현한 신호처리 소프트웨어의 구성과 동작 순서는 그림 3 과 같다.



<그림 3. 신호처리 소프트웨어 구성>

MCU 에서는 레이더 파형을 생성한 후, 수신신호로부터 변환된 아날로그 신호에 대해 ADC(Analog Digital Convert) 샘플을 획득하고 고속 푸리에 변환을 통해 표적과의 거리에 해당하는 주파수 성분을 추출한다. 추출된 주파수 성분에 대해 CFAR(Constant False Alarm Rate) 프로세스를 적용하여 클러터를 제거하고 표적을 검출한다. 검출한 표적에 대해 DBF 를 적용하여 동일한 거리에 다수의 표적이 존재하는지 검사한 후 도플러 주파수 분석을 한다. 마지막으로 각도를 추정함으로써 최종적으로 표적까지의 거리와 속도, 각도를 검출한다.

표적에 대한 검출이 완료되면 추적 프로세스를 적용하여 실제 표적과 노이즈에 의한 가짜 표적을 분리하여 실제 표적만 최종 표적 정보로 전송한다.

IV. 구현 및 평가 결과

본 논문에서는 ETRI 에서 개발한 77GHz 차량용 FMCW 레이더(그림 4)를 이용하여 대역폭이 200MHz 인 틱니파를 사용하는 신호처리 소프트웨어를 구현하여 MPC5775K 라는 MCU 에 탑재하여 실행시켰다. 고속 푸리에 변환 기능을 위해 MCU 에 내장된 SPT 를 사용하여 구현하고, CFAR 프로세서는 ABIS[3]를 사용하였다. 각도 검출 기법으로는 위상차 비교 기법과 Conventional Beamforming [4]이라는 DBF 기법을 각각 적용하였다. 추적 프로세스에 사용되는 추적 필터로는 확장 칼만 필터[5]를 적용하였다.



<그림 4. 차량용 77GHz 레이더 보드 및 센서>

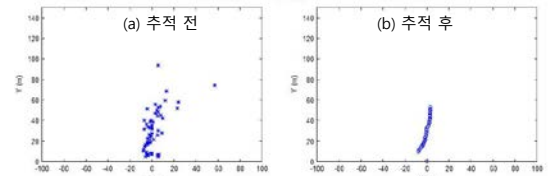
표 1 은 3.5m 거리에 1 개 혹은 2 개의 표적을 배치하여 측정한 결과로서, 시험 #2 에서 위상차 비교 기법을 사용한 각도 추정에서는 1 개의 표적으로 잘못

검출하고 있으나, 시험 #3 에서 DBF 를 적용한 경우 - 17 도와 9 도에 위치한 2 개의 표적을 모두 검출하였다.

<표 1. 정지 표적 탐지 시험 결과>

시험	표적	측정
#1	(3.5m, 0m/s, -8°)	(3.9m, 0m/s, -11.2°)
#2	(3.5m, 0m/s, -20°)	(3.9m, 0m/s, -12.8°)
	(3.5m, 0m/s, 8°)	
#3	(3.5m, 0m/s, -20°)	(3.9m, 0m/s, -17°)
	(3.5m, 0m/s, 8°)	(3.9m, 0m/s, 9°)

그림 5 는 실제 차량이 시속 50km 로 주행하였을 때 추적 프로세스를 적용하기 전의 측정 결과와 적용한 후의 결과를 비교한 것으로서, 추적 프로세스를 적용한 경우 가짜 표적 제거 및 측정 오차 보정을 통해 부드러운 경로 추적을 하는 것을 보여 준다.



<그림 5. 이동 표적 추적 결과 (a)추적 전 (b)추적 후>

V. 결론

본 논문에서는 차량용 레이더 센서를 위한 신호처리 소프트웨어를 구현하고 MCU 에 탑재하여 성능을 평가하고 검증하였다. 검증한 결과 수신 신호에 포함되어 있는 노이즈 때문에 정밀한 각도 검출을 할 수는 없었으나 DBF 를 적용할 경우 같은 거리에 있는 다수의 표적을 탐지할 수 있고, 추적 프로세스를 통해 표적의 실제 경로를 따라 추적함을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국전자통신연구원 연구운영비지원사업의 일환으로 수행되었음. [17ZD1210, 상황인지 스마트카 퓨전 플랫폼 개발 및 지역 부품업체 지원사업]

참고 문헌

[1] 김동호, 조평동, “차량용 레이더 응용 기술 및 발전 방향”, 전자통신동향 분석 제 18 권 제 1 호 2003 년 2 월.
 [2] H. Rohling and R. Mende, “Waveform Design Principles for Automotive Radar Systems,” in CIE International Conference, 2001.
 [3] D. Shin, J.D. Kim, J.U. Kim, J. Bang, K. Kwon, "Anchor based Insertion Sorting Algorithm for OS-CFAR," IEEE Radar Conference, 2014.
 [4] H. Krim and M. Viberg, “Two Decades of Array Signal Processing Research,” IEEE Signal Processing Magazine, Vol.13, no.4, pp.67-94, 1996.
 [5] G.L. Smith, S.F. Schmidt, and L.A. McGee, “Application of statistical filter theory to the optimal estimation of position and velocity on board a circumlunar vehicle,” National Aeronautics and Space Administration, 1962.