

## CNN 모델을 이용한 차량용 레이더 시스템에서의 타겟 분류

김진욱, 정재훈, 김성철

서울대학교

{kjwk9900, jay623, sckim}@maxwell.snu.ac.kr

Target Classification with CNN Model  
in Automotive Radar Systems

Jinwook Kim, Jaehoon Jung, Seong-Cheol Kim

Seoul National Univ.

## 요약

자율 주행 차량이 안정적으로 주행하기 위해서는 센서를 통해 주변 환경을 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해 레이더 센서를 이용하여 전방에 위치한 물체의 종류를 파악하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있는데, 본 논문에서는 2차원 주파수 응답을 사용하여 분류를 진행하였다. 사전 학습된 VGG19 모델의 파라미터를 사용하여 전이 학습을 진행하였고, 98% 이상의 분류 정확도를 확인하였다.

## I. 서론

최근 자율 주행 차량에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 자율 주행 차량의 안정적인 주행을 위해서는 차량의 주변 환경을 정확하게 인지하는 것이 중요하는데, 이를 위해 사용되는 센서로 레이더 센서가 주목받고 있다. 레이더 센서는 다른 센서에 비해 거리 분해능이 높고, 날씨나 빛의 영향을 덜 받는다는 장점이 있다 [1].

타겟 분류를 위해서는 타겟별로 상이한 값을 갖는 특징을 잘 추출해야 한다. 수신 신호의 위상을 이용하여 분류한 연구 [2], 타겟의 root radar cross section 값을 이용하여 분류한 연구 [3]가 선행되었다. 본 논문에서는 range-Doppler response의 2차원 주파수 응답을 사용하여 타겟을 분류하였다.

본 논문에서는 차량 전방에서 움직이고 있는 사람, 자동차, 자전거를 분류하였다. Fast chirp frequency modulated continuous wave (FMCW) 신호를 송수신하는 TI사의 AWR1642 레이더 개발 키트를 사용하여 실측 실험을 진행하였다. 그리고 머신 러닝 기법 중 convolutional neural network (CNN) 모델을 사용하여 타겟의 종류를 분류하였다. 이때 사전 학습된 모델의 파라미터를 사용하는 전이 학습을 고려하여 학습의 효율을 높였다.

## II. 본론

## 가. Fast chirp FMCW 레이더

Fast chirp FMCW 레이더는 여러 개의 chirp 신호를 전송하여 타겟의 거리와 속도, 각도 정보를 추정한다. 이때 chirp는 시간에 따라 주파수가 선형적으로 증가하는 신호를 뜻한다. 기존의 FMCW 레이더와 다른 점은 한 chirp의 길이가 훨씬 짧고, 많은 수의 chirp를 방사한다는 점이다. 한 세트의 chirp를 frame이라 하는데, 한 frame의 신호에 2차원 푸리에 변환을 적용함으로써 range-Doppler response를 얻을 수 있다. Fast chirp FMCW 레이더 시스템에서는 이 주파수 응답으로부터 타겟의 거리와 속

도를 추정할 수 있다.

표 1. 측정 레이더 파라미터

파라미터	값
반송 주파수 $f_c$	77 GHz
대역폭 $B$	1.80 GHz
chirp 주기 $T$	160 $\mu s$
샘플 개수	256
chirp 개수	128
frame 개수	200



그림 1. 측정 사진. 보행자(왼쪽), 자전거(가운데), 차량(오른쪽)

## 나. 측정 실험

본 논문에서는 TI사의 AWR1642 FMCW 레이더를 사용하여 사람, 자전거, 자동차의 신호를 측정하였다. 사용한 레이더의 파라미터는 표 1과 같다. 세 가지 측정 대상은 그림 1과 같이 레이더로부터 50 cm 떨어진 위치에서부터 멀어지는 방향으로 움직이는 상황을 가정하였다. 측정 실험은 각 측정 대상마다 3회씩 반복하였다.

## 다. 클러스터 제거

클러스터는 레이더 센서의 field of view 내에 존재하는 타겟 이외의 물체로부터 수신된 신호 성분을 뜻한다. 본 논문에서는 레이더 센서는 정지해 있고, 타겟은 움직이고 있기 때문에 정적 클러스터 제거 기법을 적용하였다. 제안된 여러 가지 정적 클러스터 제거 기법 중 exponential moving average filter를 적용하였다. 클러스터 제거는 다음 식과 같이 이루어진다.

$$c_k(p, q) = \alpha c_{k-1}(p, q) + (1 - \alpha) r_k(p, q)$$

$$y_k(p, q) = r_k(p, q) - c_k(p, q)$$

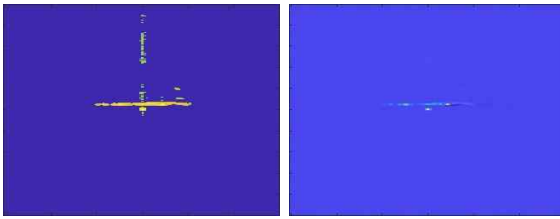


그림 2. 클러스터 제거 알고리즘의 결과

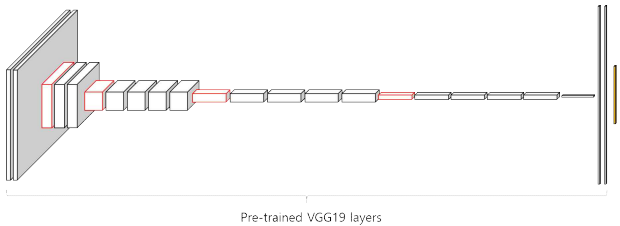
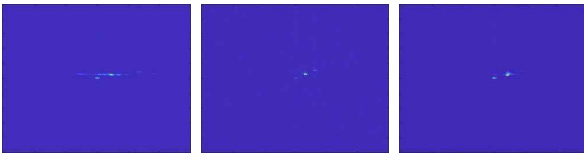


그림 3. 사전 학습된 VGG19의 구조

그림 4. 모델의 입력으로 사용한 클러스터 제거 후의 주파수 응답.  
보행자(왼쪽), 자전거(가운데), 차량(오른쪽)

$r_k(p, q)$ 는  $k$ 번째 스캔에서 얻은 range-Doppler response,  $c_k(p, k)$ 는  $k$ 번째 스캔에서 추정된 클러스터 성분,  $y_k(p, q)$ 은 클러스터 제거 후의 신호,  $\alpha$ 는 정적 클러스터의 값에 수렴하는 시간을 결정하는 상수이다. 본 연구에서는  $\alpha$  값을 0.95로 설정하였다. 클러스터를 제거하기 전과 후의 range-Doppler response가 그림 2에 나타나 있다.

#### 라. VGG19의 전이 학습

본 논문에서는 CNN 모델을 이용하여 타깃 분류를 진행하였다. CNN은 이미지 데이터로부터 지역적 특성을 추출하는 데 효과적인 딥러닝 모델이다.

모델의 구조와 초기 파라미터는 전이 학습을 이용하여 설정하였다. 일반적인 경우 모델을 학습시킬 때 모델의 weight, bias와 같은 학습 파라미터는 0 혹은 특정 확률 분포를 따르는 값으로 초기화된다. 그 후에 학습 과정에서 모델의 손실 함수를 최소화하기 위해 파라미터는 업데이트된다. 반면 전이 학습은 사전 학습된 모델의 파라미터를 사용하여 초기화를 진행한다. 따라서 학습에 소요되는 시간이 적고, 적은 학습 데이터로도 높은 분류 정확도를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 사전 학습된 VGG19 모델의 파라미터를 사용하여 전이 학습을 진행하였다. VGG19 모델은 그림 3과 같이 구성되어 있다.

각 타깃마다 600개의 주파수 응답을 얻었고, 모델의 입력으로 사용하였다. 입력 데이터의 예는 그림 4에 나타나 있다. 전체 데이터의 70%는 학습에, 15%는 검증에, 그리고 15%는 분류 정확도 도출에 사용하였다.

#### 마. 결과

표 2에 사전학습된 VGG19 모델을 통해 수신된 신호를 분류해본 결과

표 2. CNN 모델을 통한 분류 결과

	보행자	자전거	차량
보행자	98.9%	1.1%	0%
자전거	0%	100%	0%
차량	0%	0%	100%

가 나타나 있다. 표의 행은 실제 타깃의 종류, 열은 분류 결과를 나타내는데, 98% 이상의 확률로 타깃의 종류를 잘 구별해냈으며 평균 99.7%의 분류 정확도를 보였다. 보행자의 일부 샘플만 자전거로 분류되었고, 나머지 데이터는 잘 분류됨을 확인하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 딥러닝 기법 중 CNN 모델을 사용하여 차량용 레이더 시스템에서 타깃 분류를 진행하였다. Fast chirp FMCW 레이더 신호로부터 range-Doppler response를 얻어 정적 클러스터 제거를 하여 모델의 입력으로 사용하였다. 학습 시에는 사전 학습된 VGG19 모델의 파라미터를 사용하여 학습의 효율을 높였다. 분류 결과 98% 이상의 분류 정확도를 확인하였다. 추후 타깃이 두 종류 이상 함께 존재하는 상황에서 타깃 분류를 진행해볼 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (10080086)

### 참 고 문 헌

- [1] W. D. Jones, "Keeping cars from crashing," IEEE Spectrum, vol. 38, no. 9, pp. 40-45, September, 2001.
- [2] S. Lim, S. Lee, J. Yoon and S. Kim, "Phase-Based Target Classification Using Neural Network in Automotive Radar Systems," 2019 IEEE Radar Conference (RadarConf), Boston, MA, USA, April, 2019.
- [3] S. Lee, Y. Yoon, J. Lee and S. Kim, "Human - vehicle classification using feature-based SVM in 77-GHz automotive FMCW radar," in IET Radar, Sonar & Navigation, vol. 11, no. 10, pp. 1589-1596, September, 2017.