

딥러닝을 이용한 자율주행용 레이더 센서의 비정상 포인트 분류 알고리즘

서효정, 유민우, 한동석*

경북대학교 대학원 전자전기공학부

jk05135@knu.ac.kr, ydn7415@gmail.com, *dshan@knu.ac.kr

Deep Learning-based Abnormal Points Classification Algorithm of Radar sensors for Autonomous Driving

Hyojeong Seo, Minwoo Yoo, Dong Seog Han*

Graduate School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National Univ.

요 약

자율주행 중 주변 사람 및 사물을 인지하기 위한 인지 센서를 통해 신뢰성 있는 정보를 받아들이는 것은 중요하다. 본 논문은 레이더 센서에 들어오는 객체의 포인트가 정상인지 비정상인지를 분류한다. 비정상 포인트는 잡음과 레이더 자체의 고장이 일어난 상태에서 수신되는 모든 포인트라고 정의한다. 레이더가 객체 포인트 값을 수신할 때 함께 들어오는 잡신호는 필터를 통해 특정 RCS(radar cross section) 값을 기준으로 삭제한다. 그러나 정상포인트 또한 삭제될 수 있다는 문제가 있다. 이러한 문제로 필터를 사용하지 않는다면 객체 포인트 값을 수신하다가 연결이 끊겨 잡신호를 사용하게 되면 이는 신뢰할 수 없는 정보가 된다. 따라서 신뢰성 있는 정보를 사용하기 위해서 레이더 객체 포인트의 정상 여부를 분류하고자 한다. 레이더만으로는 수신되는 객체 포인트의 정상 여부를 판단하기 어렵고, 차량의 각도별, 거리별로 RCS 분포가 달라지는 것을 활용하여 카메라와 레이더 센서를 융합하여 분류한다. 본 연구결과를 바탕으로 실제 주행 환경에서 신뢰성 있는 레이더 정보를 사용함으로써 실제 주행 환경에서 효율적으로 차량 사고를 예방할 수 있을 것이다.

I. 서 론

자율주행 자동차는 주변 환경 및 상황을 인식하기 위해 카메라, 레이더, 라이다 등의 센서들로부터 얻은 정보를 활용한다. 인지 센서 중 레이더 센서는 객체와의 거리나 속도, 각도 등을 측정하는데, 자율주행 차량의 안정성 있는 주행을 위해서 신뢰성 있는 정보를 수신하는 것은 중요하다.^[1] 레이더가 객체 포인트 값을 수신할 때 목표로 하는 객체뿐 아니라 그 외 잡음도 함께 들어올 수 있는데, 이러한 값들은 필터를 통해 특정 RCS(radar cross section) 이하의 값 이하가 되면 삭제한다. 그러나 필터를 사용하면 특정 RCS 값 이하의 RCS 값을 가지는 정상포인트 또한 삭제될 수 있다는 문제점이 있다. 이러한 이유로 RCS 필터를 사용하지 않는다면 잡음을 사용하는 경우가 발생한다. 객체 1에 객체1 포인트와 객체2 포인트가 찍히는 경우 객체2 포인트는 객체 1의 잡음이 된다. 객체1 포인트를 정상적으로 수신할 때는 문제가 없지만, 연결이 끊기는 경우 객체2의 포인트를 사용할 수 있는데 이는 신뢰할 수 없는 정보가 된다.

본 논문에서는 신뢰성 있는 레이더 정보를 사용하고 레이더에서 수신되는 객체의 포인트가 정상인지 비정상인지를 분류하는 딥러닝 알고리즘 연구를 진행한다. 레이더 자체만으로는 정상 여부를 분류하기 어려우므로 카메라와 레이더 센서에서 동시에 데이터를 수집하고, 각 센서에서 얻은 정보를 융합하여 딥러닝 알고리즘을 통해 레이더 센서의 객체 포인트의 정상 여부를 분류한다.

II. 본 론

가. 데이터 수집

카메라와 레이더 센서의 정보를 융합하여 사용하기 위해 두 센서를 동시

에 작동하여 데이터를 수집하였다. 카메라에서는 목표 차량의 이미지 프레임 추출하였고, 레이더에서는 목표 차량의 포인트 값인 x, y 좌표값과 속도값, 그리고 RCS 정보를 수집하였다. 목표 차량의 전면부, 후면부, 그리고 측면부에 대해 직진 상으로 5~50m 거리를 이동하면서 실험을 진행하였다.

나. 데이터 처리

수집된 이미지 프레임에 YOLOv4^[2] 객체 검출 알고리즘을 적용하여 목표 차량의 이미지를 추출하였다. 이미지는 112×112 사이즈의 정사각형 형태로 지정하였고, 검출된 차량 정보에 집중하기 위해 정사각형 내 차량 이외의 영역은 특정 색상으로 채웠다. 레이더로부터 수집된 x, y 좌표로부터 레이더에서 목표 차량까지의 거리를 계산하였고 거리값과 RCS 값을 레이더 데이터로 사용하였다. 그림 1.은 전처리 작업을 진행한 이미지와 레이더 데이터의 예시이다.

차량은 각도, 거리에 따른 RCS 분포가 달라진다는 특징이 있다.^[3] 차량마다 각도와 거리에 따른 고유한 RCS 분포가 존재하므로 일정한 RCS 분포를 벗어나는 포인트는 비정상적으로 판단하고 연구를 진행하였다. 비정상 포인트의 생성을 위해 레이더 내부를 훼손할 수는 없어서 정상포인트로부터 비정상 포인트 데이터를 생성하였다. 이미지와 거리값은 동일하게 두고, RCS 값에만 랜덤한 값을 더하기 혹은 빼기 연산을 통해 일정한 RCS 분포를 벗어나는 비정상 포인트 값들을 생성하였다.



(a)

149	5003287	4.5	9.4
150	5019104	4.5	9.4
151	5029786	4.5	9.4
152	5056177	4.5	9.6
153	5073174	4	9.6
154	5090580	4	9.6
155	5103553	3	9.6
156	5119392	2.5	9.7
157	5137966	1.5	9.7
158	5153086	0.5	9.8
159	5169612	-1	9.9
160	5188231	-2.5	9.9
161	5420160	7.5	10.8
162	5435286	7.5	10.8
163	5454544	8	10.8
164	5465255	8.5	10.8
165	5476017	9	10.7

(b)

그림 1. (a) 전면부, 후면부, 측면부에 대해 다양한 거리에서 측정된 목표 차량의 이미지를 객체 검출 알고리즘을 통해 전처리한 이미지 데이터 (b) 수집된 레이더 데이터를 전처리한 csv 파일. 왼쪽부터 시간, RCS, 거리값

다. 모델 학습 및 결과

차량이 특정한 RCS 분포를 갖는다는 특징을 기반으로 이미지로부터 각도 및 거리의 정보를 얻고 레이더로부터 거리 및 RCS 값을 얻고자 하였다. 우선 이미지에 컨볼루션 연산을 적용하여 특징값을 추출한 뒤, 1차원 배열로 만들어 레이더 데이터와 결합하고 텐스 레이어를 거쳐 최종적으로 해당 포인트의 정상 여부를 분류하였다. 모델의 구조는 그림 2. 와 같다.

그림 3.은 레이더 객체 포인트의 정상 여부를 분류하는 모델의 성능을 나타내는 confusion matrix이다. 딥러닝 알고리즘을 통해 모델이 레이더 객체 포인트의 정상 여부를 분류할 수 있다는 것을 확인하였다.

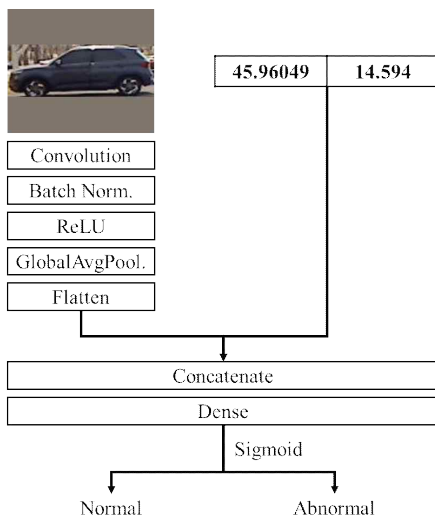


그림 2. 모델 구조

radar_failure_prediction			
Actual	failure	normal	sum_col
	975 45.86%	88 4.14%	1063 91.72% 8.28%
	132 6.21%	931 43.79%	1063 87.58% 12.42%
sum_row	1107 88.08% 11.92%	1019 91.36% 8.64%	2126 89.65% 10.35%
	failure	normal	sum_row
Predicted			

그림 3. 레이더 포인트의 정상 여부 분류 모델의 confusion matrix

III. 결 론

본 논문에서는 카메라와 레이더 센서에서 얻은 데이터 정보를 융합하여 딥러닝 알고리즘으로 레이더 포인트의 정상 여부를 분류한다. 모델은 89.65%의 성능을 가지는데 정상포인트에 대해서는 87.58%의 정확도를, 비정상 포인트에 대해서는 91.72%의 정확도를 보였다.

보다 안정성과 신뢰성 있는 레이더 센서 포인트의 정상 여부 분류 모델을 설계하기 위해 데이터 수정 및 알고리즘 고도화를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2022-2020-0-01808)

참 고 문 헌

- [1] De Jong Yeong, Gustavo Velasco-Hernandez, John Barry, and Joseph Walsh, "Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review", Sensors 2021, 21(6), 2140
- [2] Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, and Hong-Yuan Mark Liao, "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection", arXiv, Apr 2020
- [3] Sreehari Buddappagari Jayapal Gowdu, A. Schwind, R. Stephan, and Matthias A. Hein, "Monostatic RCS Measurements of Representative Road Traffic Objects in the 76 ... 81 GHz Frequency Band", IEEE Radar Conference, 2020