

스마트 트렁크 오프너 시스템용 딥러닝과 레이더 시그니처를 이용한 발동작 인식 기술

송승언, 김봉석, 김상동, 이종훈*

첨단레이더연구소, 융합연구원, *대구경북과학기술원

*jhlee@dgist.ac.kr

Foot Movement Detection Scheme Utilizing a New Radar Signature and Deep Learning for Smart Trunk Opener Systems

Seungeon Song, Bong-seok Kim, Sangdong Kim, Jonghun Lee*

Advanced Radar Tech. Lab. Research Institute of Convergence, *DGIST.

요 약

본 논문은 스마트 트렁크 오프너 시스템을 동작시키는 데 필요한 새로운 레이더 시그니처와 딥러닝을 이용한 비접촉식 발동작 인식기술을 제안한다. 스마트 트렁크 오프너 시스템은 미래형 스마트 자동차 기술 중에서 양손을 자유롭게 사용할 수 없는 환경 또는 조건에서도 손대신 발을 사용함으로써 발동작을 통해서 사용자의 의도를 파악할 수 있는 기술이다. 본 논문에서는 사용자의 의도를 정확하게 파악하기 위해서 새로운 레이더 시그니처와 기존 딥러닝 모델을 활용한 transfer learning을 이용함으로써 다양한 발동작에 대한 인식 성능을 향상하고자 한다.

I. 서 론

최근 레이더는 군수용뿐만 아니라 민수용으로 다양하고 폭넓게 응용이 되고 있다. 특히, 자율주행 자동차용 능동안전장치, 생체신호감지, 제스처 인식 등에 사용된다. 도플러 레이더는 연속적인 레이더신호를 이용하여 움직임이 있는 타겟에 대한 민감도가 높아서 다양한 제스처 인식용으로 크게 주목을 받고 있다.

특히, 다양한 제스처 인식중 발동작 인식기술은 양손의 사용에 제약이 있는 환경에 놓인 상태에서는 무엇보다도 편리하고 요긴한 기술이다. 기존 발동작 인식용 센서는 초음파, 라이다, 카메라, 레이더 등이 사용되고 있다. 이러한 센서 중에서 레이더는 조명 및 주변 환경 특히 습기 및 먼지 등에 대한 잡음에 강인하다는 강점이 있다. 이러한 장점에 의해서 STO(Smart Trunk Opener system), SDO(Smart Door Opener), 상지 장애인용 HMI(Human Machine Interface) 응용분야에 크게 주목받고 있다 [1-3]. 본 논문에서는 양손을 자유롭게 사용할 수 없는 상태에서 자동차의 트렁크를 자동으로 개폐하는 발동작 인식기술을 제안한다. 또한, 킥 동작 인식에 오류를 일으킬 수 있는 스윙 또는 굴러가는 물체와 구분할 수 있도록 레이더 센서를 이용한 딥러닝 기반 킥 동작인식 기술을 제안하고자 한다.

II. 발동작 인식용 레이더 시그니처 및 인식 성능 평가

그림1은 레이더센서를 이용한 STO 시스템의 기본 개념을 나타내는 그림이다. 그림 1에서 알 수 있듯이, STO와 SDO 응용에는 다양한 인식용 발동작이 고려될 수 있다. 본 논문에서 고려중인 발동작은 킥 동작, 스윙 동작, 위아래로 빠르게 움직이는 태핑 동작, 그리고, 센서 밑으로 튀어서 지나가는 공 등이 고려된다. 특히, 센서 밑으로 튀어서 지나가는 공은 발동작과 상당히 유사한 동작으로 STO의 인식성능에 상당한 영향을 줄 것으로 여겨지기에 특별히 고려한 움직임이다. 또한, 움직이는 물체의 변화에 민감하게 반응하고 센서의 상용화를 위해서 저가형 센서를 고려해서

CW(Continuous Wave) 레이더 센서를 발동작 인식용으로 사용한다.

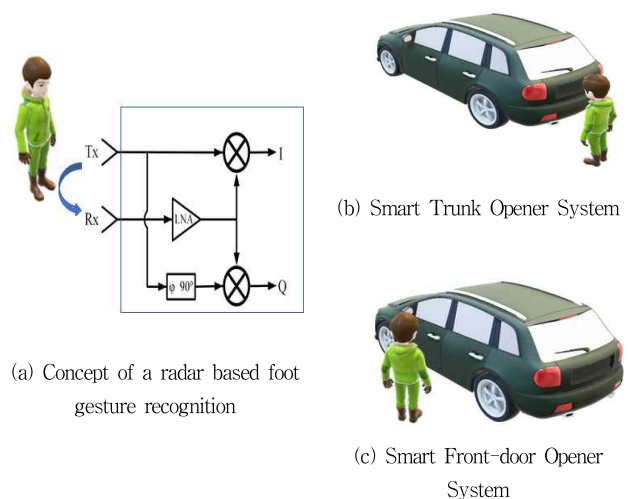


Fig. 1 레이더기반 발동작 인식 센서 개념 및 응용분야

그림2는 STO 시스템에 활용될 수 있는 다양한 발동작에 대한 레이더 시그니처를 나타내고 있다. 본 레이더 시그니처는 도플러 레이더를 통해서 발동작에 의해서 반사된 레이더 신호에 대한 시간-주파수 특성을 나타낸다. 본 논문에서는 발동작별 인식 성능을 향상시키기 위해서 기존 Alexnet 모델 기반으로 transfer learning을 적용한다. 획득된 레이더 시그니처는 Alexnet-transfer learning 모델의 입력으로 사용된다. 획득된 레이더 시그니처는 발동작별로 700개의 데이터를 확보함으로써 총 4,200개의 데이터를 확보하였다. 훈련용으로 발동작별 600개의 레이더 데이터를 사용하고 시험용으로 발동작별로 100개의 레이더 데이터를 사용하였다.

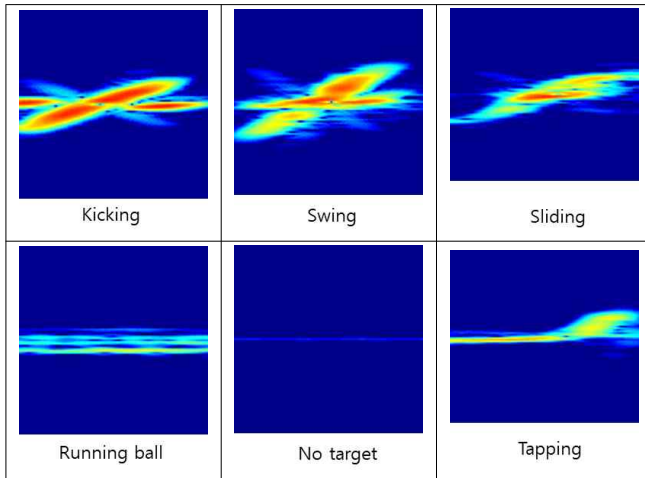


Fig. 2 STO용 다양한 발동작에 대한 레이더 시그너처 특성

그림 3은 Alexnet 딥러닝 모델을 기반으로 다양한 발동작에 대한 인식 성능을 나타내는 confusion matrix를 나타낸다. 그림 3에서 알 수 있듯이, STO 시스템용 레이더 기반 발동작 인식 정확도는 대략 96% 이상임을 알 수 있다.

Output Class	Kick	97 19.4%	1 0.2%	1 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	98.0% 2.0%
	Swing	3 0.6%	96 19.2%	3 0.6%	0 0.0%	0 0.0%	94.1% 5.9%
	Sliding	0 0.0%	3 0.6%	94 18.8%	2 0.4%	3 0.6%	92.2% 7.8%
	Tapping	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	98 19.6%	0 0.0%	100% 0.0%
	Object	0 0.0%	0 0.0%	2 0.4%	0 0.0%	97 19.4%	98.0% 2.0%
		97.0% 3.0%	96.0% 4.0%	94.0% 6.0%	98.0% 2.0%	97.0% 3.0%	96.4% 3.6%
		Kick	Swing	Sliding	Tapping	Object	
		Target Class					

Fig. 3 레이더기반 발동작 인식성능용 confusion matrix

III. 결론

본 논문에서는 스마트 트렁크 오픈 시스템용 딥러닝기반 레이더를 이용한 발동작 인식기술을 제안하였다. 본 연구를 통해서 STO용 다양한 발동작에 대한 시간 및 주파수 특성에 레이더 시그너처를 분석하고, SVD(Singular Value Decomposition)를 통해서 유의미한 정보를 추출하고, 그 특징정보를 포함하는 새로운 레이더 이미지를 재구성한 레이더 시그너처를 기존 딥러닝 모델인 Alexnet의 transfer learning을 통해서 우수한 발동작 인식성능을 확보하였다.

향후, 레이더를 이용하는 발동작 인식 센서는 레이더의 고유한 강점인 주변 환경과 잡음에 대한 강인한 특성 때문에 미래자동차의 다양한 비접촉식 제스처 인식 및 HMI 기술 등에 폭넓게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

※ 본 논문은 과학기술정보통신부에서 지원하는 대구경북과학기술원의

기관고유사업(21-IT-02), 5G기반 자율주행 융합기술 실증 플랫폼 (P0013840)의 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] Shankar Y. and Santra A. "Valid Kick Recognition in Smart Trunks Based on Hidden Markov Model Using Doppler Radar," In Proceedings of the 2019 International Radar Conference, RADAR 2019, 2019.
- [2] Liu H., Yang R., Yang Y., Hou C., Hu Z. and Jiang T. "Human - Human Interaction Recognition Based on Ultra-Wideband Radar," Signal, Image and Video Processing 2020.
- [3] Chiang H.P., Lai C.F., Lai Y.H., Huang Y.M., "A Sensor-Based Feet Motion Recognition of Graphical User Interface Controls," Multimedia Tools and Applications 2016.