한국정보보호학회
Korea Institute of Information Security & Cryptology

2023년 한국정보보호학회 하계학술대회

CISC-S'23

Conference on Information Security and Cryptography Summer 2023

2023년 6월 22일(목)~23일(금)

강원대학교 춘천캠퍼스 60주년 기념관

주최 한국정보보호학회 Korea Institute of Information Security & Cryptology
주관 KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY
후원 국가정보원 NATIONAL INTELLIGENCE SERVICE, 과학기술정보통신부, 행정안전부, KISA 한국인터넷진흥원, ETRI 한국전자통신연구원 Electronics and Telecommunications Research Institute, NSR 국가보안기술연구소 National Security Research Institute, Google

2023년 한국정보보호학회 하계학술대회 CISC-S'23

Conference on Information Security and Cryptography Summer 2023

안전벨트와 운전석의 압력 분포를 이용한 운전자 무자각 인증 기법 제안

정다현[1†], 박예원[1], 구윤서[1], 최경환[1], Mohsen Ali Alawami[2], 박기웅[3‡]
[1,3]세종대학교(대학생, 교수), [2]세종대학교 시스템보안 연구실(연구원)

Driver Implicit Authentication Method Using Pressure Distribution through Seat Belt and Driver's Seat

Dahyun Jung[1†], Yewon Park[1], Yoonseo Ku[1], Gyeonghwan Choi[1], Mohsen Ali Alawami[2], Ki-Woong Park[3‡]
[1,3]Sejong University(Undergraduate student, Professor),
[2]SysCore Lab, Sejong University(Researcher)

요 약

최근 차량의 의미가 단순한 이동수단 이상으로 확장됨에 따라 차량 보안이 주요 쟁점으로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 운전자의 편의를 저해하지 않으면서도 차량 보안을 강화하기 위해 안전벨트와 운전석의 압력 분포에 기반한 운전자 무자각 인증 기법을 제안한다. 10명의 피험자를 통해 수집한 데이터 세트로 이 기법을 검증하였으며, 다양한 의상 및 행동 변화에도 0.94의 정확도로 운전자를 식별함을 확인하였다.

I. 서론

오늘날 차량의 의미는 단순한 이동수단에서 확장되어 사용자의 목적과 용도에 맞춰 유동적으로 변화하고 있다. 특히, 차량을 하나의 개인 공간이자 생활 영역으로 인식하는 운전자가 증가하고 있다. 이에 따라 차량 보안이 주요 쟁점으로 떠오르면서 [1] 운전자의 편의성 저해 없이 차량 보안을 강화하기 위한 운전자 무자각 인증 기술이 연구되고 있다.

연구 [2], [3]에서는 얼굴 추적 및 인식을 통해, [4]에서는 안구의 움직임을 기반으로 운전자를 인증하는 방법을 제안하였다. 그러나 운전자의 안면 정보가 필요한 인증 방식은 프라이버시 침해를 야기할 가능성이 있다. 한편, 생체 정보를 통해 운전자를 인증하려는 시도도 있었다. [5]에서는 정규화된 심전도 신호를 이용하여, [6]에서는 심전도와 근전도를 기반으로 운전자를 인증하였다. 그러나 심전도는 신체 활동에 의해 변화하기 때문에 사용자의 자세에 따라 인증 성능이 저하될 수 있다[7]. 다양한 신호를 이용하여 운전자를 인증하는 연구 또한 활발히 진행되어 왔다. [8]에서는 차량 및 스마트폰의 센서에 기반한 지속적인 운전자 무자각 인증을, [9]에서는 전자기파 무선 센싱을 통한 차량 운전자 인증 기법을 제시하였다. 그러나 전자기파는 차량 내부 환경의 영향을 받으므로 [9]는 차량에 단 한 명의 탑승자만 있는 경우로 실험을 제한하였다.

반면 운전자의 압력 분포 값은 프라이버시 문제로부터 자유롭다. 또한, 압력 분포는 동승자 혹은 조명과 같은 차량 내부 환경 변화로부터 비교적 덜 민감하다는 특성을 이용하여, [10]에서는 운전석 및 등받이 압력 기반 인증을 제안하였다. 연구에서는 두 개의 32×32 압력 센서에서 획득한 골반

‡ 교신저자: 박기웅 (세종대학교 정보보호학과 교수)

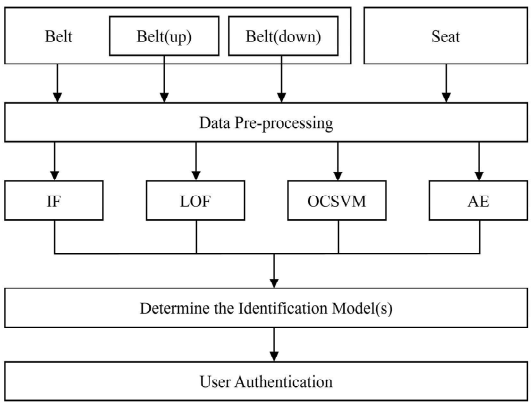
본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신방송기술국제공동연구사업(Project No. RS-2022-00165794, 40%), 국방ICT융합사업(Project No. Project No.2022-0-00701, 10%), 실감콘텐츠핵심기술개발사업(Project No. RS-2023-00228996, 10%), 대학ICT연구센터 육성지원사업(Project No. 2023-2021-0-01816, 10%) 및 한국연구재단 개인기초연구과제(Project No. RS-2023-00208460, 30%)의 지원을 받아 수행된 연구임.

뼈 시그니처, 압력 분포와 체중의 중앙 및 상위 값에서 추출한 특징을 통해 유클리드 거리에 기반하여 개인을 식별한다. 그러나 연구에서는 운전자가 주머니에 물건을 넣거나 다른 의상을 착용할 경우 특징의 영구성을 보장할 수 없다고 밝힌다.

본 연구에서는 안전벨트와 운전석의 압력 분포를 이용하여 명시적 행위 없이 운전자를 식별하는 운전자 무자각 인증 기법을 제안한다. 연구에서는 10명의 피험자를 통해 수집한 데이터로 인증 기법의 정확도를 측정하였으며 실험을 통해 사용자의 자세, 옷차림의 변화에도 연구에서 제안하는 인증 기법이 유효함을 확인하였다.

II. 제안 기법

2.1 안전벨트와 운전석의 압력 분포를 이용한 운전자 무자각 인증

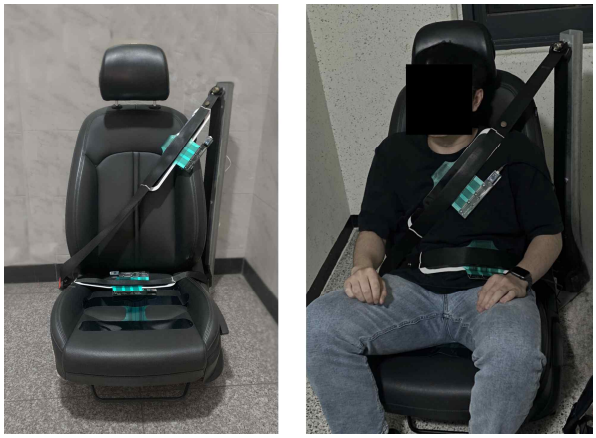


[Fig.2] Overall workflow of driver implicit authentication method

[그림1]은 안전벨트와 운전석의 압력 분포를 이용한 운전자 무자각 인증 기법의 전체 워크플로우다. 먼저, 안전벨트의 상부와 하부 및 운전석에 설치된 압력 센서에서 압력 분포를 수집한다. 안전벨트 상부 및 하부의 압력 분포는 각각 운전자 식별을 위해 사용할 수도 있고, 하나의 안전벨트 데이터로 병합하여 사용할 수도 있다. 이후, 머신러닝 및 딥러닝 알고리즘을 이용하여 운전자를 식별하는 최적의 모델을 도출한다. 압력 분포 수집은 차량 운전을 시작하기 위해 운전석에 앉아 벨트를 착용하는 일련의 과정에서 자연히 이루어지므로 운전자의 명시적 행위 없이 인증이 가능하다.

2.2 인증 환경 구축

데이터 수집을 위한 압력 센서는 [그림2]와 같이 안전벨트 상부와 하부에 각 15개, 운전석에 31개 부착된다. 안전벨트에 부착된 센서에서 흉부와 복부의 압력 분포를, 운전석에 부착된 센서를 통해 운전자의 허벅지와 둔부 압력 분포를 획득한다. 수집한 데이터는 머신러닝 및 딥러닝 알고리즘을 통해 운전자를 식별하는 데에 사용된다. 본 연구에서는 제안하는 인증 기법을 검증하기 위해 현대 자동차의 소나타 7세대의 운전석과 3점식 안전벨트로 테스트 환경을 구축했다. 압력 분포 수집을 위해서는 필름형 압력 센서와 아두이노 Pro Micro를 사용하였다.



[Fig.1] Testbed for authentication method experiment

2.3 데이터 세트 구축

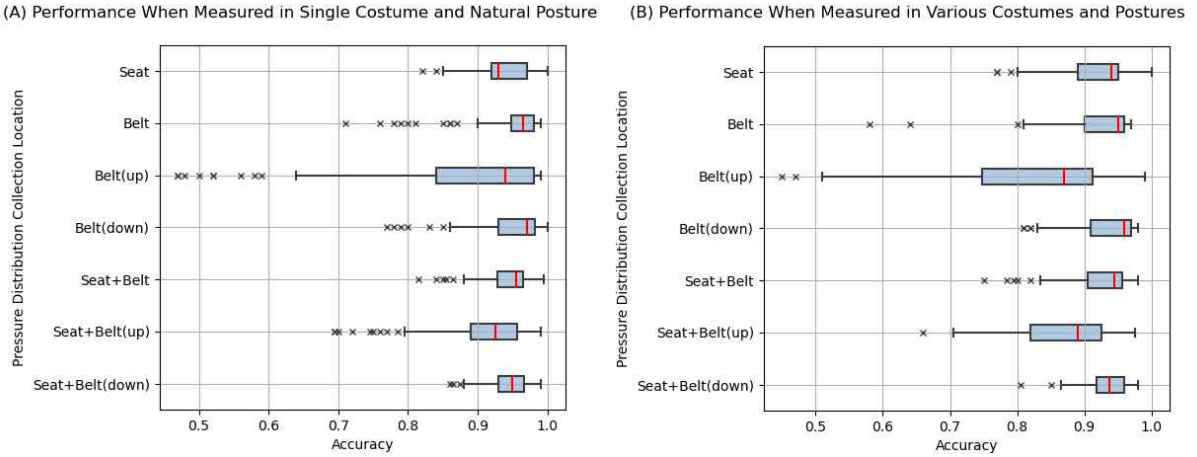
검증을 위한 데이터 세트는 10명으로부터 수집한 압력 분포 데이터로 구축하였다. 각 피험자는 단일한 의상을 착용한 채 자연스러운 착석 자세로 수집을 40회 진행하였고, 비교를 위해 다양한 의상을 착용한 채 의도적으로 여러 자세를 취하며 추가 수집을 40회 진행하였다.

피험자의 데이터는 벨트 착용 직후 5, 3, 2, 1초 동안 수집된 벨트 압력 분포 값, 그리고 착석 및 벨트 착용 전후 10, 5, 3, 1초 동안 수집된 운전석의 압력 분포 값으로 구성된다. 센서의 값은 0.1초 간격으로 측정되었다.

III. 실험 결과

3.1 실험 방법

실제 상황에서 공격자의 데이터를 사전에 얻을 가능성은 희박하고, 일반적으로 운전자의 데이터만을 획득할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 운전자 식별을 위해



[Fig.3] Accuracy of driver identification under normal conditions(A) and with variations(B)

비지도학습 알고리즘인 LOF(Local Outlier Factor), IF(Isolation Forest), OCSVM(One Class Support Vector Machine), AE(AutoEncoder)를 선택하였다.

평가를 위해 10명의 데이터로부터 10개의 운전자-운전자 쌍과 90개의 운전자-공격자 쌍을 구성하여 총 100가지의 인증 케이스를 마련하였다. 운전자-운전자 쌍에서는 운전자 데이터로 학습된 모델이 본인의 데이터로부터 자신을 식별하는 정확도를 측정하였다. 운전자-공격자 쌍에서는 같은 데이터를 통해 학습한 모델이 운전자와 공격자 데이터가 동일한 비율로 섞인 평가 데이터로부터 둘을 구분하는 정확도를 측정하였다. 학습과 평가 데이터의 비율은 5:5로 설정하였다.

3.2 실험 결과

본 연구에서 제안하는 기법을 통해 운전자를 식별한 결과, 케이스 별 정확도는 [그림4]와 같다. [그림4]의 결과는 3초 동안 수집된 벨트 하부와 운전석의 압력 분포 데이터를 각각 OCSVM와 LOF를 통해 학습한 모델로부터 획득하였다. [그림3]에서 확인할 수 있듯 벨트 상부의 압력 분포를 이용한 모델은 낮은 운전자 식별 정확도를 보였다. 반면, 정확도의 중앙값을 기준으로 비교하였을 때 벨트 하부만을 이용한 모델이 가장 높은 성능을 기록하였다. 그러나 이상치를 포함하여 성능을 고려하였을 때, 벨트 하부 모델과 운전석 모델을 결합하는 것이 비교적 균일한 정확도를 유지하는 것으로 나타났다.

또한, 모델들은 공통적으로 압력 분포 데이터 수집 시간이 3초 부근일 때 높은 정확도를 보였

[Fig.4] Identification accuracy in 10×10 case through the proposed method

다. 이는 데이터 수집 시간이 길어질수록 운전자 식별에 불필요한 값이 포함되며, 수집 시간이 지나치게 짧으면 운전자의 고유한 특성을 충분히 반영하지 못하기 때문으로 판단된다.

3.3 운전자 의상 및 행동 변화에 따른 정확도 비교

운전자의 압력 분포 데이터는 운전자의 의상 및 행동 변화의 영향을 받으므로 이에 따른 성능 변화를 확인하기 위해 피험자에게 다양한 변화를 주어 데이터를 수집하였다. 데이터 세트에 포함된 의상 변화 유형에는 패딩 착용, 재킷 착용, 허리에 겉옷 묶기 등이 있다. 행동 변화 유형에는 상체 숙이기, 음료 섭취하며 앉기, 다리 꼬기, 삐뚤게 앉기, 다리 펴고 앉기, 팔로 안전벨트 누르기 등이 있다. [그림3]의 (A)는 일반적인 상황에서 수집한 데이터를, (B)는 의도적으로 여러 변화를 주며 수집한 데이터를 기반으로 한 모델 평가 결과를 나

타낸다. [그림3]에서 보이는 것과 같이 A)와 (B)의 경우에서 정확도 차이는 크지 않았다. 3.2에서 언급한 벨트 하부와 운전석 결합 모델을 기준으로 비교하였을 때, (A)에서의 중앙값은 0.95이고, (B)에서의 중앙값은 0.94로, 의상 및 행동 변화에도 성능 저하가 근소함을 확인할 수 있다. 이처럼 본 연구에서 제안한 인증 기법은 운전자의 의상 및 행동 변화와 같은 상황에도 높은 정확도로 운전자를 식별함을 알 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 안전벨트와 운전석의 압력 분포를 이용한 운전자 무자각 인증 기법을 제안하였다. 3점식 안전벨트의 상부와 하부에 각각 15개, 운전석에 31개의 압력 센서를 부착하여 테스트 환경을 구축하였으며, 다양한 상황에서의 인증 정확도 평가를 위해 피험자 10명으로부터 자연스러운 상황에서의 데이터뿐만 아니라 의상과 행동에 의도적으로 변화를 준 데이터를 수집하였다. 운전자 식별을 위해서는 비지도학습 알고리즘인 LOF, IF, OCSVM, AE를 선택하였다.

실험 결과, 벨트 하부 모델과 벨트 하부와 운전석을 결합한 모델이 높은 성능을 보였고, 벨트 상부의 압력 분포 데이터에 기반한 모델은 비교적 낮은 정확도를 기록하였다. 또한, 약 3초 동안 수집한 압력 분포 데이터가 높은 식별 정확도를 보였다. 이후, 비교를 통해 일반적인 상황에서 착석한 경우와 운전자의 의상과 행동에 의도적으로 변화를 준 경우의 성능 차이가 0.01이라는 근소한 값임을 확인하였다. 이처럼 본 연구에서 제안한 운전자 무자각 인증 기법은 의상 및 행동이 변화하더라도 높은 정확도로 운전자를 식별할 수 있다.

[참고문헌]

[1] Volvo Car USA, "Volvo Reports: Safety first: The evolution of driving and mobility in 2020", pp. 5, Dec. 2020

[2] E. Derman and A.A. Salah, "Continuous real-time vehicle driver authentication using convolutional neural network based face recognition," 2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018), pp. 577~584, May. 2018

[3] C. Nandakumar, G. Muralidaran, and N. Tharani, "Real time vehicle security system through face recognition," International Review of Applied Engineering Research, vol. 4, no. 4, pp. 371~378, 2014

[4] B. Taha, S.N.A. Seha, D.Y. Hwang and D. Hatzinakos, "EyeDrive: A deep learning model for continuous driver authentication," IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, pp. 1~11, Apr. 2023

[5] G.H. Choi, K. Lim, and S.B. Pan, "Driver identification system using normalized electrocardiogram based on adaptive threshold filter for intelligent vehicles," Sensors (Basel), vol. 21, pp. 202, Dec. 2020

[6] G.H. Choi, G. Ziyang, J. Wu, C. Esposito, and C. Choi, "Multi-modal biometrics based implicit driver identification system using multi-TF images of ECG and EMG," Computers in Biology and Medicine, Vol. 159, pp. 1~10, Jan. 2023

[7] S. Wahabi, S. Pouryayevali, and D. Hatzinakos, "Posture-invariant ECG recognition with posture detection," 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 1812~1816, Apr. 2015

[8] C. Corbett, J. Alexis, and L. Watkins, "Who's driving you?," 2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), pp. 1~4, Jan. 2018

[9] S.D. Regani, Q. Xu, B. Wang, M. Wu, and K.J.R. Liu, "Driver authentication for smart car using wireless sensing," IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 3, pp. 2235~2246, Mar. 2020

[10] A. Riener and A. Ferscha, "Supporting implicit human-to-vehicle interaction: Driver identification from sitting postures," The First Annual International Symposium on Vehicular Computing Systems (ISVCS 2008), pp. 10, Jul. 2008