◎ 논 문

http://dx.doi.org/10.22680/kasa2023.15.1.063

운전자 응급상황에서의 첨단안전시스템 필요성 연구

강병도* · 조봉균** · 이윤화*** · 김태형****

A Study on the Necessity of Advanced Safety Systems in Driver Emergencies

Byungdo Kang*, Bonggyun Jo**, Yunhwa Lee***, Taehyeong Kim****

Key Words: Driver emergencies(운전자 응급상황), Elderly driver(고령운전자), Autonomous emergency braking system(비상자동제동장치), Heartbeat(심장박동), E-call system(이 콜 시스템), GSR Sensor(전기적 피부반사 센서)

ABSTRACT

A study on the need for a safety system using driver's biometric information, vehicle automatic emergency braking system, and the e-call system that in the event of an unexpected situation such as loss of driving ability due to sudden physical abnormality of elderly drivers and drivers with health problems, and the improvement of laws for the spread of this system were studied.

1. 서 론

우리나라는 2000년에 65세 이상의 고령층이 7.2%로 고령화 사회로 진입하였고, 2020년에는 15.7%로 고령 사회가 되었다. 그리고 OECD는 2026년에 고령층 인구 비중이 20% 이상인 초고령 사회로 진입할 것으로 예측하였다.(1) 이는 OECD 평균의 약 2배 빠른 고령화 사회가 되었다. 또한 65세 이상의 고령 운전자도 2019년 333만명 수준에서 2030년에는 988만명으로 증가할 것으로 예상되고 있다. 이에 따른 고령운전자의 교통사고도 증가하고 있다.

최근 10년간(2010년~2019년) 교통사고 발생 건수를 보면 2015년 23,063명에서 2019년 33,239명으로 약1.4배 증가하였다.(2) 이와 같이 고령운전자의 사고 건수가 증가하지만, 고령자의 독립적 삶을 위한 운전에 대한 욕구는 지속적일 것으로 예상되므로 고령운전자 보호를 위한 노력이 더욱 활발하게 진행되어야 하며 또한 이에 따른 제도 개선도 시급한 실정이다. 우리나라 고령운전자의 안전을 위한 연구를 살펴보면 대부분 고령자의 시각, 청각, 인지능력 등 신체기능 저하에 따른 운전 요령과 안전운전 교육에 대하여 연구되었다.(3~5) 또한 국내의 기술개발 현황을 살펴보면 충돌사고 발생 시 고령운전자의 골밀도 약화 등 신체특성을 고려한 첨단에어백 시스템, 지능형 안전벨트 기술과 능동안전기술인 충돌경고장치, 졸음운전방지장치, 주차지원시스템 등이 연구·개발되었다.(6) 한편 고령 운전자의 안전운전에 영향을 미치는 것은 인지 기능 저하뿐만 아니라 협심증 등 질환에 의한 갑작스러운 상실 등이 있을 수 있다.(2) 즉 고령운전자 및 건강이상 운전자의 급작스런 신체적 이상으로 인한 운전능력 상실 등 돌발상황 발생시 운전자의 생체신호정보 기반 안전시스템에 대한 연구는 미미한 실정이다. 그러나 해외의 경우 운전자의 생체신호정보인 심전도와 뇌전도 신호를 이용한 첨단 e-call 시스템에 대한 연구가 진행되었다.(7) 이에 따라 본 논문에서는 운전자의 생체신호정보 및 자동차의 제동시스템, e-call

* 지능형자동차부품진흥원, 연구위원(단장)
** 지능형자동차부품진흥원, 선임연구원(팀장)
*** 지능형자동차부품진흥원, 주임연구원
**** 지능형자동차부품진흥원, 선임연구원
E-mail: headlamp@kiapi.or.kr

자동차안전학회지: 제15권, 제1호, pp. 63~68, 2023
논문접수일: 2023.1.26, 논문수정일: 2023.3.21, 게재확정일: 2023.3.23

시스템 등 첨단안전장치를 활용한 안전시스템의 필요성과 이 시스템의 보급확산을 위한 제도 개선 등 그 대책에 대해 연구하였다.

2. 생채신호 인식기술 이해

주행 중 운전자의 스트레스와 졸음, 피곤, 흥분, 가슴 두근거림 등 신체적 이상 상태는 안전운행에 문제를 일으킬 수 있으므로 운전자의 생체신호를 활용한 안전기술이 필요하다. 생체신호는 측정되는 순간 갖는 물리적 특성에 근거하여 전기적, 기계·물리적, 광학·화학적 신호로 분류할 수 있다.

2.1. 전기적 생체신호

전압, 전류, 저항, 전도도 등의 전기적인 변수로 측정되는 생체신호를 말한다. 이러한 전기적인 생체신호의 범위에 속하는 생체신호를 살펴보면 심장의 박동과 관련되어 전압의 형태로 측정되는 심전도(ECG, Electrocardiogram) 신호, 대뇌의 활동 상태에 따라 변화하는 신호로 머리 표면에 부착한 전극에서 전압의 형태로 측정되고, 인지기능, 감각기능, 운동 기능, 감정 상태, 수면 상태 등 뇌의 다양한 활동 상태를 부위에 따라 선택적으로 나타내는 생체신호인 뇌전도(EEG, Electroencephalogram) 신호, 근육의 활동상태(수축 여부 및 수축 강도)를 나타내는 전기적인 생체신호인 근전도(EMG, Electromyogram)신호가 있다.[8]

2.2. 기계적·물리적 생체신호

압력, 가속도, 온도, 소리, 힘 등의 기계적·물리적인 형태의 특성을 갖는 생체신호를 말하며 심탄도(BCG, Ballisto-cardiogram)를 측정한다. 즉 혈액을 신체 말단부위까지 전송하기 위한 방출 과정에서 심장의 운동 및 대동맥에서의 혈액의 움직임은 외부에 미약한 힘을 가하게 된다. 이 미세한 힘 신호를 측정하면 심장박동의 동태를 파악할 수 있다.[8]

2.3. 광학적·화학적 생체신호

가시광선 또는 적외선 범위의 파장을 이용하여 신체 내부 특성 성분의 비율 또는 분포를 측정한 생체신호로서, 광용적맥파(PPG, Photoplethysmogram)신호가 있다. 즉 혈액의 양이 증가하면 빛을 더욱 많이 흡수하게 되므로, 투과 또는 반사하는 광량이 감소하게 되는데 이를 통하여 혈관의 용적 변화를 측정할 수 있고, 심장박동의 변화도 평가할 수 있는 생체신호이다.[8]

3. 브레이크 시스템과 e-call 시스템

3.1. 일반 브레이크 시스템

일반적인 제동장치의 구성은 Fig. 1과 같으며, 작동은 운전자가 브레이크 페달을 밟으면 엔진에서 발생하는 진공압을 이용하여 브레이크 파이프 내의 유압을 증폭시킴으로써 브레이크액을 더욱 큰 힘으로 밀게 되고, 그 압력에 의해 캘리퍼가 브레이크 패드를 디스크 면에 압착하여 원하는 제동력이 발생하게 된다.

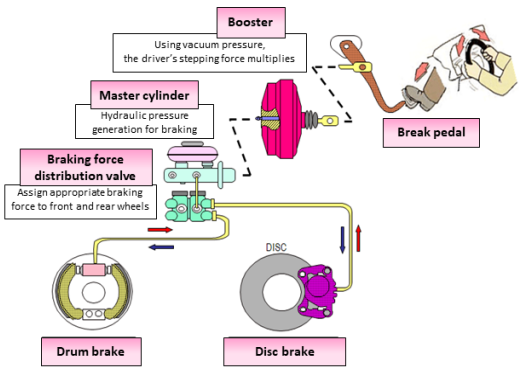

Fig. 1 Hydraulic brake system

이러한 브레이크 시스템의 기술은 자동차의 전동화와 자율주행을 목표로 Fig. 2와 같이 기술 통합을 통해 진화하고 있다. 즉 바퀴잠김방지장치(ABS, Anti-lock brake system) 및 자동차 안정성제어장치(ESC, Electronic Stability

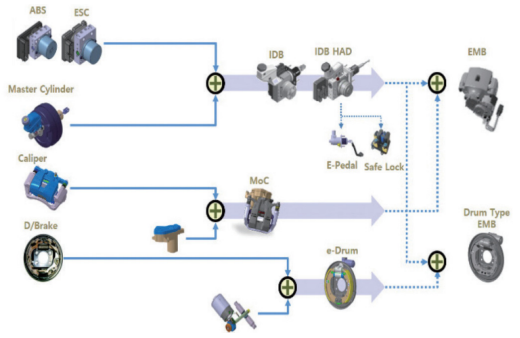

Fig. 2 Integrated brake system

Control)로 대표되는 브레이크 제어 부품과 전통적인 마스터 실린더와 부스터를 통합한 통합브레이크(IDB, Integrated Dynamic Brake)가 개발되고 있다. 전통적인 유압식 캘리퍼 브레이크와 드럼 브레이크는 전동식 액추에이터와 결합하여 전자식 주차 브레이크(MoC, Motor on Caliper)와 전자식 드럼(e-Drum)으로 발전하였다. 이는 다시 DB와 결합하여 캘리퍼 EMB(Electro Mechanical Brake)와 드럼 EMB로 개발되어 미래 자동차의 전동화 및 자율주행의 기술 기반을 제공할 것으로 예상된다.[9]

3.2. 비상자동제동시스템

비상자동제동 시스템(AEBS, Autonomous Emergency Braking)은 Fig. 3과 같이 스스로 전방 충돌 위험 상황이 발생할 경우 이를 운전자에게 경고하고 또한 차량을 감속 또는 정지하도록 하여 충돌을 예방하는 시스템이다.

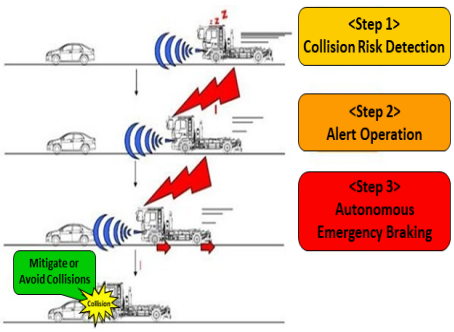

Fig. 3 Working of AEBS

이 시스템의 국내 안전기준은 Fig. 4와 같이 대상자동차가 80km/h의 주행속도로 주행하고 목표 자동차는 정지, 저속주행하여 1단계 경고는 비상 자동 제동 단계 1.4초 이전, 2단계 경고는 0.8초 이전에 작동되는지와 속도 감속량 및 충돌 여부를 확인한다.

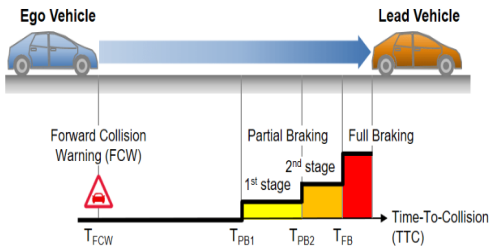

Fig. 4 Working of AEBS according to TTC

3.3. e-call 시스템

e-Call 시스템은 UN 국제기준에서 명시한 용어는 자동비상통보시스템(AECS, Accident Emergency Call System)이다. 자동비상통보시스템은 자동차 사고 발생시 사고 여부를 자동으로 판단하여 현재의 위치 등 사고와 관련된 최소한의 정보를 신속히 상용이동통신망을 통하여 센터로 전송하는 시스템이다.

이 시스템이 실현되기 위해서는 Fig. 5와 같이 자동차에 설치된 자동비상통보시스템과 이동통신망 및 구난센터가 유기적으로 연결되어야 한다.

유럽은 2003년부터 e-Call 도입을 위한 논의를 시작하였고, 2015년 4월 유럽의회상임이사회(European Parliament and Council)에서 법안이 최종 승인(EU 2015/758) 되었다. 2017년 1월 17일 자동차 형식승인을 위한 시행규정(EU 2017/78)이 최종 공포되어 2018년 3월부터 9인 이하 승용차 및 3.5톤 이하 화물 자동차에 의무 장착하고 있다.[10,11] 우리나라는 현재 교통사고 긴급통보장치 장착에 대한 자동차관리법 개정안 이 2022년 6월 국회 법안 발의된 상태이고, 자동차안전도평가(K-NCAP)에 적용을 검토하고 있다.

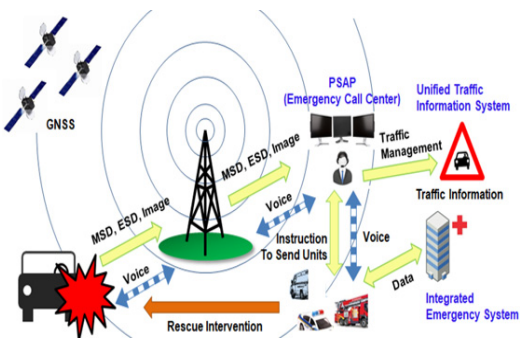

Fig. 5 Exemple for EU e-Call system

4. 생체신호 기반 안전시스템 개발 현황

4.1. 해외 현황

유럽 폭스바겐 아르테온 세단은 운전자가 가속페달, 브레이크 페달 또는 스티어링 휠을 사용하지 않는 등 운전 반응이 없을 경우 우선 비상 점멸등이 켜지고 경고음을 울리고 브레이크를 작동케 하여 운전자에게 제동 충격을 주게 한다. 만약 운전자가 여전히 응답하지 않으면 주행

도로에서 가장 멀리 떨어진 차선으로 자동 조종하여 차량을 정지시키는 “비상 어시스트 2.0(Emergency Assist 2.0)” 기능을 갖추었다. 또한 일본의 마즈다는 신규 차종에 운전자를 지속적으로 모니터링하여 의식을 잃는 잠재적인 비상 상황에서 작동하는 “부조종사 => 보조 운전자 시스템(Co-Pilot system)”을 적용할 계획이다.[12] 토요타의 웰니스(wellness) 프로젝트 그리고 BMW와 뮌헨공과대학(TUM)에서는 스티어링 휠에 ECG(electrocardiogram) 심박 측정 센서를 내장하여 운전자의 심장마비 또는 심전도의 이상을 감지하면 운전자에게 휴식이나 의료조치의 필요성을 알리고 그 이상의 위험 상태에 이르면 자동차가 자동으로 감속하고 정차하는 시스템을 개발 중에 있다.[13]

4.2. 국내 현황

국내 M사에서 2022년 최근, 운전자 생체신호 기반 기술을 개발하였다. 운전자의 자세와 심박, 뇌파 등 생체신호를 전문적으로 분석하는 통합 제어기 “스마트 캐빈 제어기”이다. 이 제어기는 카메라, 심전도 센서, 뇌파 센서, 공조 센서 등 4개의 센서와 이를 분석하는 제어기 및 소프트웨어 로직으로 구성되어 있다. 이 제어기는 여러 센서가 보내온 정보를 종합 분석하여 탑승객의 건강 상태가 좋지 않거나, 졸음운전과 같은 위험한 상황이라고 판단하면 내비게이션이나, 클러스터 또는 헤드업 디스플레이(HUD)를 통해 경고를 주는 방식이다. 심전도 센서를 통해 운전자의 스트레스 지수가 높다고 판단하면 자율주행 모드로 전환을 권유하고, 이산화탄소 수치가 높으면 창문을 개방하거나 외부 순환으로 변경하는 방식이다. 또한 심정지 같은 위급한 상황에서는 응급실로 안내하는 기술로도 발전할 전망이다.[14]

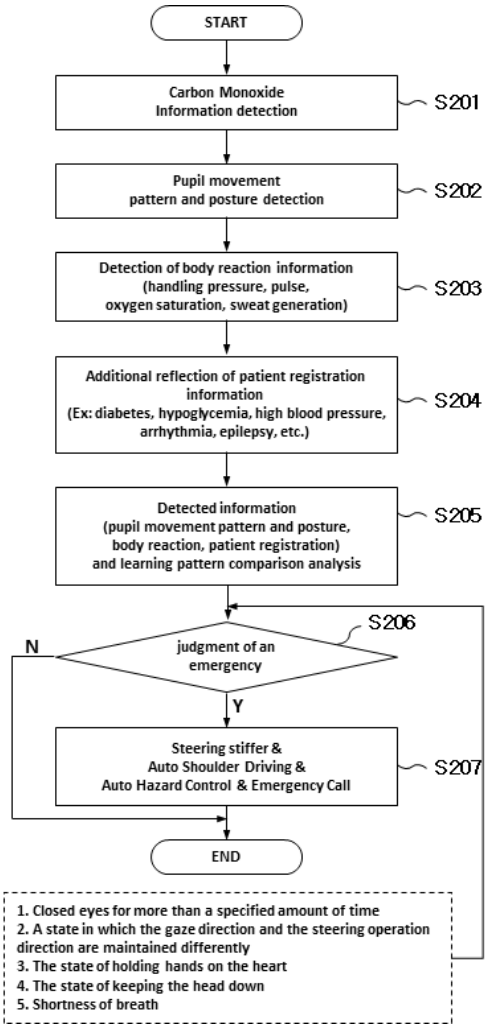

Fig. 6 Flow chart flow chart for vehicle control method based on driver's posture and pupil pattern

5. 운전자 생체신호기반 안전시스템 개발 방안

국내에서 운행 중인 자동차에 적용할 수 있는 맞춤형 생체신호 기반 안전시스템의 개발 방안은 다음과 같이 4가지 기술로 제시할 수 있다.

첫째, 운전자 생체정보 모니터링 기술개발이다. 센서를 이용한 운전자의 심박 및 호흡 패턴 수집 소프트웨어를 개발하고, 수집된 데이터를 분석하여 운전 가능 여부를 판단한다. 즉 Fig. 6과 같이 운전자를 응급상황으로 판단하는 경우는 지정된 시간 이상 눈을 감은 상태, 시선 방향과 핸들 조작 방향이 다르게 유지되는 상태, 심장에 손을 올린 채 유지되는 상태, 고개를 숙인 채 유지되는 상태 및 호흡이 가빠지는 상태를 포함한다. 이러한 운전자의 모션 인식을 통하여 운전자의 응급상황을 판단한다.

둘째, AEBS 연동 비상정지 제어장치 개발이다. Fig. 7과 같이 운전자 생체정보 모니터링 데이터와 연동하는 ECU 및 기계식 기반 비상정지 제어 소프트웨어 및 하드웨어를 개발한다. 또한 운전자 응급상황 시 e-Call 센터 연결을 위한 차량 데이터 전송 기술을 개발한다.

셋째, 운전자 응급상황 e-Call 단말기 개발이다. 센서 기반의 사고 감지 및 판단기술 설계와 교통사고 긴급통보 체계 연동기술을 설계한다.

넷째, 각각 개발된 기술을 Fig. 8과 같이 통합한다.

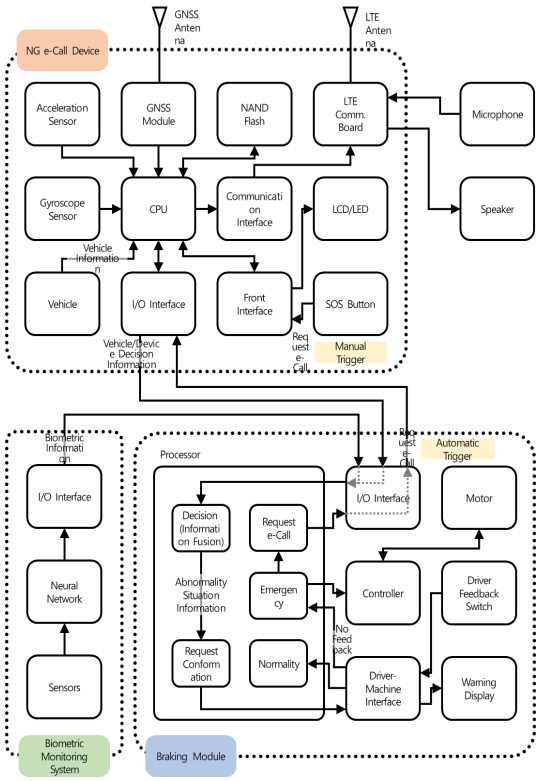

Fig. 7 Flow chart for vehicle control method

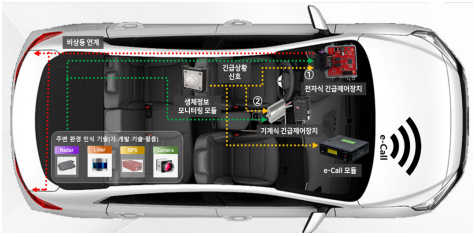

Fig. 8 Schematic diagram for integration e-Call system

6. 생체신호 안전시스템 활성화 방안

6.1. 국내 자동차 튜닝 제도개선

국내·외 완성차 업체들은 운전자의 안전한 도로 주행을 지원할 수 있는 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS, Advanced Driver Assistance System)이 적용된 차량을 출시하고 있으나, 운전자 생체정보 활용은 미미한 실정이다. 또한 생체정보 기반 안전시스템이 확대 보급되기 위하여 기존 운행 중인 차량에도 애프터 마켓용으로 적용할 수 있도록 자동차 튜닝 제도의 보완이 필요하다. 현재 국토교통부의 관리를 받는 자동차 튜닝용 부품은 휠, 소음기, 에어필터, 오일필터, 등화장치, 서스펜션 스트럿, 브레이크 캘리퍼, 브레이크 패드, 공기압 고무타이어, 튜닝 오일쿨러, 튜닝 오일 캐치탱크, 튜닝 오픈형 데어필터, 주행영상 저장장치, 내비게이션, 창유리 필름, 에어댐, 에어 스포일러, 조명 엠블렘, 브레이크 디스크, 스테빌라이저바, 인테이크 호스, 라이에이터, 카스킨, 영상장치 머리지지대, 조명 휠캡, 연결장치, 차량용 공기청정기, LED 조명 그릴 등이 있다.[15] 이와 같이 자동차 튜닝용 부품은 제도화되어 있으나 통합형 부품인 시스템 튜닝은 거의 없는 실정이다. 따라서 운전자 생체신호 기반 안전시스템 장착을 위한 튜닝 인증 등 제도적 기반이 필요하다.

6.2. 자동차 제조사의 맞춤형 옵션 확대

일반적으로 자동차 판매 시 옵션 장치는 동종 차종에서 등급별로 구분하여 장착 판매하고 있다. 즉 전자식 변속버튼 등의 파워트레인 부분, 전방충돌방지장치 등의 지능형 안전기술 부분, 어드밴스드 에어백 등의 안전장치 부분, LED 보조 제동등 등의 외관 부분, 천연가죽 시트 등의 내장재 부문, 스마트키, 크루즈 컨트롤 등의 편의 장치 부분, 내비게이션 등의 인포테인먼트 부분 등 자동차 제작사별로 옵션 장치를 팩케이지 형태로 내장되어 있다.[16] 생체신호 기반 안전시스템이 활성화되기 위해서는 자동차를 판매할 때부터 별도의 옵션 장치로 선택될 수 있도록 자동차 제작사의 노력이 필요하다.

7. 결 론

본 연구는 운전자 생체신호 기반으로 신체적 응급상황 발생 시 차량을 안전하게 정지시키고, 소방서 등 응급센터에 연결하도록 하는 안전시스템의 개발 방안에 대해 아래와 같이 연구하였다.

1) 운전자의 신체적 모니터링 기술 개발을 위해 심박 측정 및 호흡 패턴을 수집을 위한 소프트웨어를 개발하며, 심박 측정시 자동차 운행 시 발생하는 소음 등 노이즈 제거가 중요하다.
2) 생체정보 모니터링 데이터와 연동하는 제동장치 개발과 응급센터로 자동으로 연결할 수 있는 데이터 전송 기술이 중요하다.
3) 현재 운행되고 있는 자동차에 운전자 생체신호 기

반 안전시스템 장착을 위한 튜닝 인증제도의 개선이 필요하다.

후 기

이 논문은 행정안전부 국민수요 맞춤형 생활안전 연구개발사업(2022-MOIS41-002)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

(1) 도로교통공단, 2021, “2020년 통계 교통사고 통계분석”, 2021-0202-007, pp. 8.
(2) 조준한, 2020, “고령운전자 정기적성검사 대상자 및 갱신 주기 개선 방안”, 2020-01, 삼성교통안전문화연구소, pp. 34.
(3) 지우석, 오은정, 2003, “고령자 운전특성에 관한 연구”, 2003-11, 경기개발연구원, pp. 25~62.
(4) 신연식, 2001, “고령운전자의 운전행태 고찰 및 안전운전대책 연구”, 2001-03, 교통개발연구원.
(5) Jung, S. B., 2013, “Driving-System Concept Development for Elderly Drivers”, KSAE 2013 Annual Conference. pp. 1023~105.
(6) 자동차안전연구원, 현대자동차, 홍익대학교, 한국기술교육대학교, 2011, “안전지향형 교통환경개선 기술개발_고령자 친화형 자동차 안전성향상 기술개발”, 교통개발연구원.
(7) Marius. M., Catalin, M. D. and Ilona, M. C., 2021, “Advanced e-Call Support Based on Non-Intrusive Driver Condition Monitoring for Connected and Autonomous Vehicles”, Sensors 2021, 21, 8272. http://mdpi.com/journal/sensors.
(8) 김재성, 2016, TTA Journal, Vol. 165, pp. 18~24.
(9) Kim, M. S., Choi, W. J., Lim, W. C, and Kim, W. H., 2022, “Development Strategy of a Brake System for the Future Vehicle Market”, Auto Journal, Vol. 44, No. 8, pp. 18~22.
(10) 김성섭, 김유원, 김선건, 2018, “자동비상통보시스템(AECS) 국제기준 부합성 평가,” 한국ITS 학회 추계 학술대회, pp. 441~446.
(11) https://www.eumonitor.eu
(12) https://www.autoelectronics.co.kr
(13) https://www.autoelectronics.co.kr
(14) 현대모비스, 2022, “운전석에서도 건강도 챙긴다, 다양한 생체신호 종합 분석해 안전운전 돕는 기술 세계최초 개발”, https://www.mobis.co.kr
(15) 한국자동차튜닝협회, 자동차튜닝부품인증대상
(16) 현대자동차, 2022, “그랜져 가격표” https://www.hyundai.com