

# 지능형 자동차의 안전 경고음에 대한 고령운전자의 반응 특성

## Age-related Deficits in Response Characteristics on Safety Warning of Intelligent Vehicle

김만호<sup>1</sup>, 이용태<sup>1</sup>, 손준우<sup>1</sup>, 장치환<sup>2</sup>  
Man Ho Kim<sup>1</sup>, Yongtae Lee<sup>1</sup>, Joonwoo Son<sup>1</sup>, and Chee Hwan Jang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 대구경북과학기술원 공공원천기술연구센터 (Public & Original Technology Research Center, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology)

<sup>2</sup> 현대자동차 연구개발총괄본부 (Corporate Research & Development Division, Hyundai-Kia Motors)

✉ Corresponding author: gdhong@hankook.ac.kr, Tel: 02-518-0723

Manuscript received: 2008.1.1 / Revised: 2008.1.1 / Accepted: 2008.1.1

*Recent technological advances made a vehicle more intelligent to increase safety and comfort. An intelligent vehicle provides drivers with safety warning information through audible sounds, visual displays, and tactile devices. However, elderly drivers have been known to decrease the physical and cognitive abilities such as muscular strength, hearing, eyesight, short term memory, and spatial perception. Therefore, possible age-related deficits should be considered to design an effective warning system.*

*This paper aims to evaluate the impact of advancing age on response performance on audible safety warnings which are widely used for alerting driving hazards. In order to understand the effect of age-related hearing loss and movement slowing, three sound characteristics (frequency, intensity, and period) and three age groups (younger, middle, and older) are considered. Data was drawn from 38 drivers who drove a simulated rural road in a driving simulator. Experimental results show that age influences driver's response performance. In conclusion, the appropriate range of a warning sound is suggested.*

Key Words: Intelligent Vehicle(지능형 자동차), Advanced Driver Assistance System (ADAS), Older Driver(고령운전자), Safety Warning(안전 경고음), Response Characteristics(반응 특성), Hearing(청력)

### 1. 서론

우리나라는 2000 년에 65 세 이상 인구가 전체 인구의 7%를 넘으면서 고령화 사회로 진입하였고, 2019 년과 2026 년에는 고령사회와 초 고령사회로 진입할 것으로 예상된다. 특히, 고령화 사회에서 고령사회로 진입하는 시기가 19 년밖에 걸리지 않을 것으로 예상되며 선진국과 비교하여 고령화가 훨씬 빠르게 진행되고 있다.<sup>1,2</sup> 또한, 2025 년에는 미주, 유럽 및 아시아 인구의 25% 이상이 고령자로 구성될 것으로 예상되며, 전 세계적으로 급격한 고령화가 진행되고 있다.<sup>3</sup> 고령화 사회와 함께,

1999 년에서 2002 년까지 한국의 61~70 세의 운전 면허소지자는 16.8 %, 71 세 이상은 22.5%의 증가를 가져왔으며, 운전면허 소지 증가율 6.8%를 크게 상회하고 있다.<sup>4</sup> 따라서 고령화 사회로 진입하는 과정에서 고령운전자의 급격한 증가는 필연적으로 예상되며, 전 세계적으로 고령운전자는 자동차 시장의 새로운 소비 주체로 인식되고 있다.<sup>5,6</sup>

일반적으로, 고령운전자는 근력, 시력, 청력을 비롯한 신체적 능력과 단기 기억, 공간 지각과 같은 인지적 능력이 일반운전자에 비하여 떨어지는 특징을 가지고 있다.<sup>2</sup> 특히, 고령운전자는 노인성 난청으로 인하여 급격한 청력 소실이 발생하여 소

리를 잘 듣지 못하는 경우가 많다. Fig. 1은 주파수의 변화에 대하여 연령별 피험자의 순음 청력 도를 나타내고 있다.<sup>7</sup> 그림에서, 고령운전자는 주파수가 증가할수록 청력역치가 통계적으로 유의하게 ( $p < 0.0001$ ) 증가함을 확인하였다. 즉, 고령운전자는 1kHz 이상의 주파수를 가지는 소리를 잘 듣지 못하는 것을 의미한다. 이와 같은 고령운전자의 청력 소실은 일상생활뿐만 아니라 자동차 운전 중 경고음을 듣지 못하여 지능형 안전 시스템의 적절한 보호를 받지 못할 수 있다. 특히, 자동차의 지능화가 더욱 높은 수준으로 진행됨에 따라, 운전자의 운전을 보조하는 ADAS(advanced driver assistance system) 시스템의 장착이 증가하고 있는 점을 감안할 때, 고령운전자의 경고음 반응 특성에 관한 연구의 필요성이 더욱 증대되고 있다.<sup>8</sup> ADAS는 Fig. 2와 같이 전방 충돌 상황이 발생할 경우 경고를 하는 ACC(adaptive cruise control)나 차선을 이탈한 상황이 발생할 경우에 경고를 하는 LDWS(lane departure warning system) 등이 있으며, 주로 경고음을 통하여 운전자에게 위험 정보를 제공하고 있다.<sup>9</sup> 하지만, 국내에서는 ACC나 LDWS와 같은 첨단 안전 시스템의 경고음은 설계를 할 때 Fig. 1과 같은 고령운전자의 청력 소실 결과를 고려하지 않고 설계를 하고 있다.<sup>10-12</sup> 즉, 교통사고가 발생할 수 있는 전방 충돌이나 차선 이탈과 같은 위험 상황에서 고령운전자는 경고음을 듣지 못하고 적절한 반응을 못하는 경우가 발생할 수 있다.<sup>13</sup>

따라서 본 논문은 자동차 안전 경고음에 대하여 차량 시뮬레이터 주행 상황에서 안전 경고음의 주파수, 주기와 크기 특성에 따른 연령별 운전자

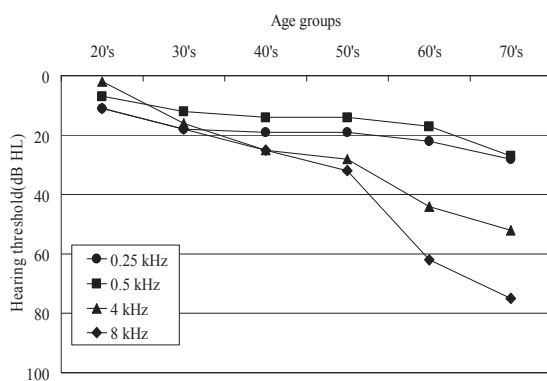


Fig. 1 Pure tone audiogram result of age groups

의 반응 특성을 분석하여 적절한 경고음의 범위를 제안하고자 한다.

본 논문은 서론을 포함하여 4 장으로 구성되어 있으며, 2 장에서는 차량 시뮬레이터 환경에서 경고음의 반응 특성을 분석하는 실험 절차를 설명하고, 3 장에서는 실험 결과를 분석하고 토의한다. 마지막으로, 4 장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 기술하고자 한다.

## 2. 실험 절차

### 2.1 피험자

자동차 안전 경고음에 대하여 고령운전자의 반응 특성을 분석하기 위하여, Table 1과 같이 38명의 피험자를 모집하였다. 여기서, 피험자는 20대 12명, 40대 11명, 60대 고령운전자 15명으로 구성하였다. 청력 소실은 성별 유의성을 갖지 않기 때문에, 피험자 수를 고려하여 남성 운전자만 모집하였다.<sup>7</sup> 실험에 참가한 피험자는 최소 주 2회 이상 운전을 하고, 3년 이상의 운전 경력을 소유하고, 약 3시간 전후의 실험을 수행할 수 있는 건강상의 문제가 없는 사람으로 선정하였다. 특히, 중이염 등의 귀와 관련된 질병이 있거나 정신과 치료를 요구하는 질병을 가지고 있는 피험자는 제외하였다. 피험자 모집을 위하여, 20대는 40,000원, 40대와 고령운전자는 50,000원의 비용을 지불하였다.

### 2.2 차량 시뮬레이터

자동차 안전 경고음에 대하여 고령운전자의 반응 특성을 분석하기 위하여 Fig. 3과 같이 대구경북과학기술원(DGIST)의 차량 시뮬레이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 차량 시뮬레이터는 DLP 프

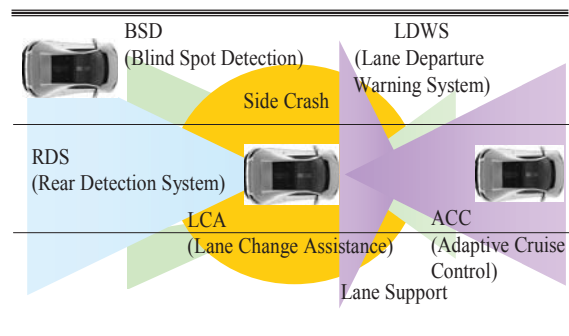


Fig. 2 Structure of advanced driver assistance system

Table 1. Experiment participants organization

	Number	Age	Driving record
20's	12	25.0(1.86)	4.83(1.64)
40's	11	44.3(2.41)	17.9(5.80)
60's	15	63.9(2.87)	28.3(6.77)
Total	38		

로젝터, 스크린(120 인치, 2400×1800mm), 제어용 PC 와 차량(Benz 사의 Smart)로 구성되어 있다. 차량 시뮬레이터 소프트웨어는 System Technology 사의 STISIM Drive™ 를 사용하였으며, 20-30Hz 주기로 도로와 차량 영상이 1024×768 해상도로 스크린 화면에 표시된다. 또한, 피험자가 페달을 밟거나 때는 시점을 측정할 수 있도록 가속 페달과 제동 페달에 엔코더를 부착하였다. 연령별 운전자의 반응 시간을 측정하는 프로그램은 NI 사의 Labview 8.6 을 이용하여 개발하였으며, NI 사의 USB-6008 DAQ 를 이용하여 가속 페달과 제동 페달의 엔코더 출력 신호를 획득하였다.

### 2.3 자동차 안전 경고음

자동차 안전 경고음에 대하여 고령운전자의 반응 특성을 분석하기 위하여 사용된 실험 경고음은 H 사의 E 차량에서 사용하는 전방 충돌 경고음을 기준으로 제작하였다. 실험용 사용된 경고음의 주요 독립 변수는 Table 2 와 같이 이비인후과 전문의와 실용 음악 전문가의 의견 및 국제 표준을 참고하여 선정하였다.<sup>13</sup> 음향 전문가가 제작한 안전 경고음은 음향 분석 소프트웨어를 이용하여 주파수, 주기와 크기를 확인한 후 실험에 사용되었다. 70 개의 안전 경고음을 이용하여 차량 시뮬레이터를 운전하는 동안 무작위로 경고음을 발생시켜 고령



Fig. 3 The DGIST driving simulator

Table 2. Experiment independent variable matrix

	Independent variable
Frequency	0.5kHz, 0.75kHz, 1kHz, 1.5kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz
Period	200ms, 300ms, 400ms, 500ms, 1,000ms
Decibel	75dB, 85dB

운전자의 반응 특성을 분석하였다.

### 2.4 실험 절차 및 방법

자동차 안전 경고음에 대하여 고령운전자의 반응 특성 실험은 Fig. 4 와 같은 실험 절차에 따라 수행하였다. 전체 실험 절차는 차량 시뮬레이터 주행 실험을 중심으로 주행 전 단계와 주행 후 단계로 구성하였다. 실험 전 단계는 서명 및 설명 (consent and overview), 피험자 자격 검토(subject eligibility review), 사전 설문(pre questionnaire), 안전 경고음 훈련(safety warning training)과 차량 시뮬레이터 주행 훈련(simulator training)으로 구성하였다. 차량 시뮬레이터 주행 실험(response experiment)은 경고음의 특성에 따라 제작한 경고음을 무작위로 발생시키고 가속 페달에서 밟을 때는 시간과 제동 페달을 밟는 시간을 측정하는 과정을 반복 수행하였으며, 주행 시간은 약 30 분 정도 소요되었다. 여기서, 반응시간의 일관성을 유지하기 위하여 피험자들이 가속 페달을 끝까지 밟도록 지시하였다. 또한, 반복 실험에 따른 피로 누적을 고려하여 중간에 휴식을 가지고 실험을 계속 수행하였다. 차량 시뮬레이터의 주행 도로는 환경 변수의 영향을 최소화하기 위하여 왕복 4 차선의 직선 도로를 선정하였다. 실험 후 단계는 사후 설문(post

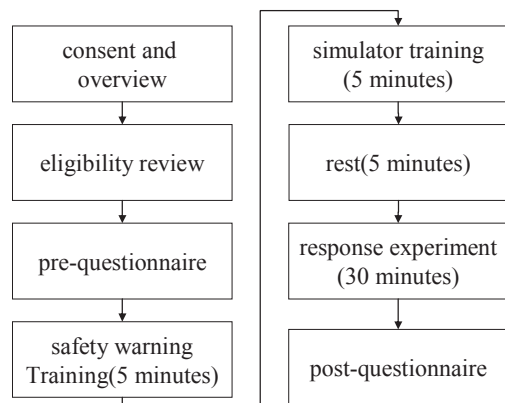


Fig. 4 Structure of experimental protocol

questionnaire)으로, 실험 후 운전자의 상태 및 스트레스 정도를 확인하였다. 총 실험은 약 1 시간 정도 소요되었다.

### 2.5 분석 방법

자동차 안전 경고음에 대하여 고령운전자의 반응 특성을 분석하기 위하여, SPSS version 14 프로그램을 사용하였다. 연령과 경고음의 주파수, 주기와 크기 특성의 네 가지 독립 변수 및 교호작용에 대하여 분석하였다. 여기서, 반응 특성은 차량 시뮬레이터에서 운전 중 발생하는 경고음에 대한 가속 페달을 때는데 걸리는 반응 시간과 가속 페달에서 제동 페달을 밟는데 걸리는 반응 시간을 측정하여 ANOVA 분석을 수행하였다. 통계적 유의수준은  $\alpha=0.05$  로 설정하였다.

### 3. 실험 결과

자동차 안전 경고음에 대하여 고령운전자의 반응 특성을 분석하기 위하여, 경고음의 주파수, 주기와 크기 특성에 따른 고령운전자의 반응 특성을 분석하였다. 가속 페달 반응 시간(accelerator pedal response time)은 가속 페달을 끝까지 밟고 주행하고 있다가 임의의 경고음이 발생한 시점부터 경고음에 반응하여 가속 페달에서 발을 떼기 시작하는 순간까지의 시간으로 정의하였다. 또한, 제동 페달 반응 시간(brake pedal response time)은 가속 페달에서 발을 떼기 시작하는 순간부터 제동 페달을 약 10% 밟은 순간까지의 시간의 차이로 정의하였으며, 전자는 청력 감퇴, 후자는 신체적인 능력의 감퇴에 따른 반응 특성을 나타낸다.

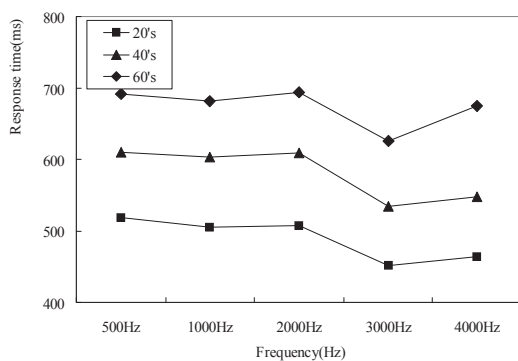


Fig. 5 Accelerator pedal response time result for varying frequency with age groups

### 3.1 가속 페달 반응 특성

Fig. 5 는 경고음의 주파수 특성에 대하여 연령별 운전자의 가속 페달 반응 특성을 나타내고 있다. 그림에서, 연령별 운전자는 3kHz 에서 반응 시간이 가장 빠른 것을 확인할 수 있으며, 연령별 운전자의 반응 시간은 약 100ms 내외 차이를 가짐을 확인하였다. 고령운전자는 3kHz 대역의 주파수에 대해서 반응 시간이 가장 빠른 것을 의미하며, 주파수 대역 별로 비교하여 3kHz 대역이 가장 잘 들린다는 동음곡선에 따라서 반응 시간이 상대적으로 빠른 것으로 판단된다.<sup>14</sup> 청력 검사 결과(Fig. 1)는 3kHz 의 결과를 포함하고 있지는 않지만, 청력 검사 결과의 경향을 고려하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 고령운전자는 청력의 감퇴로 인하여 20 대 운전자와 비교하여 약 200ms(최소 1.5kHz: 150ms, 최대 4kHz: 211ms)정도 반응 시간이 늦으며, 40 대 운전자와 비교하여 약 100ms(최소 1kHz: 79ms, 최대 4kHz: 126ms)정도 반응 시간이 늦음을 확인하였다.

Fig. 6 은 경고음의 주기 특성에 따른 연령별 운전자의 가속 페달 반응 특성을 나타내고 있다. 그림에서, 20 대와 40 대 운전자는 1,000ms 에서 가장 빠른 반응 시간을 가지며, 400ms 에서 가장 늦은 반응 시간을 가짐을 확인하였다. 반면에, 고령운전자는 20 대와 40 대와 유사한 경향을 보이지만, 반응 속도의 차이가 크지 않음을 확인하였다. 즉, 고령운전자의 반응 특성은 주기에 영향을 상대적으로 적게 받는다는 것을 의미한다. 또한, 고령운전자는 주파수의 경우와 유사하게 청력의 감퇴로 인하여 20 대 운전자와 비교하여 약 200ms (최소 300ms: 167ms, 최대 500ms: 200ms)정도 반응 시간이 늦으며, 40 대 운전자와 비교하여 약 100ms (최

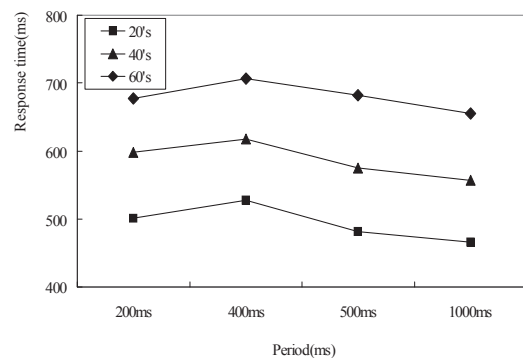


Fig. 6 Accelerator pedal response time result for varying period with age groups

소 200ms: 78ms, 최대 500ms: 106ms)정도 반응 시간이 늦음을 확인하였다.

Fig. 7은 경고음의 크기 특성에 대하여 연령별 운전자의 가속 페달 반응 특성을 나타내고 있다. 그림에서, 모든 연령별 운전자는 크기가 증가하면 반응 시간이 빨라지는 것을 확인하였다. 특히, 40대 운전자가 크기의 변화에 대하여 반응 시간의 차이가 상대적으로 큰 것을 확인하였다. 또한, 주파수와 주기와 유사하게 고령운전자는 청력의 감퇴로 인하여 20대 운전자와 비교하여 약 180ms(최소 75dB: 173ms, 최대 85dB: 182ms)정도 반응 시간이 늦으며, 40대 운전자와 비교하여 약 100ms(최소 75dB: 77ms, 최대 85dB: 103ms)정도 반응 시간이 늦음을 확인하였다.

가속 페달의 반응 결과는 연령( $F(2, 1690)=371.774, P=0.00$ ), 주파수( $F(6, 1690)=8.321, P=0.00$ ), 주기( $F(4, 1690)=4.353, P=0.02$ )와 크기( $F(1, 1690)=25.520, P=0.00$ )에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

### 3.2 제동 페달 반응 특성

Fig. 8은 경고음의 주파수 특성에 대하여 연령별 운전자의 제동 페달 반응 특성을 나타내고 있다. 그림에서, 연령별 운전자는 주파수의 변화에 영향을 받지 않고, 일정한 반응 시간을 가짐을 확인하였다. 즉, 20대 운전자는 주파수의 변화에 상관없이 약 400ms 전후의 반응 시간을 가지며, 40대 운전자는 주파수의 변화에 상관없이 약 500ms 전후의 반응 시간을 가지며, 고령운전자도 주파수의 변화에 상관없이 약 800ms 전후의 반응 시간을 가짐을 의미한다. 또한, 고령운전자는 신체적인 퇴

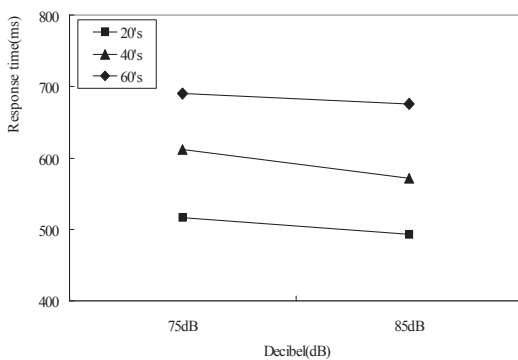


Fig. 7 Accelerator pedal response time result for varying decibel with age groups

화로 인하여 20대 운전자와 비교하여 약 350ms(최소 4kHz: 311ms, 최대 0.5kHz: 375ms)정도 반응 시간이 늦으며, 40대 운전자와 비교하여 약 200ms(최소 3kHz: 177ms, 최대 0.5kHz: 252ms)정도 반응 시간이 늦음을 확인하였다.

Fig. 9는 경고음의 주기 특성에 대하여 연령별 운전자의 제동 페달 반응 특성을 나타내고 있다. 그림에서, 연령별 운전자는 주기의 변화에 영향을 받지 않고, 일정한 반응 시간을 가짐을 확인하였다. 즉, 20대 운전자는 주기의 변화에 상관없이 약 400ms 전후의 반응 시간을 가지며, 40대 운전자와 비교하여 약 500ms 전후의 반응 시간을 가지며, 고령운전자도 주기의 변화에 상관없이 약 800ms 전후의 반응 시간을 가짐을 의미한다. 또한, 고령운전자는 주파수의 경우와 유사하게 신체적인 퇴화로 인하여 20대 운전자와 비교하여 약 350ms(최소 200ms: 314ms, 최대 1000ms: 374ms)정도 반응 시간이 늦으며, 40대 운전자와 비교하여 약 200ms(최소 200ms: 173ms, 최대 500ms: 258ms)정도 반응 시간이 늦음을 확인하였다.

Fig. 10은 경고음의 크기 특성에 대하여 연령별 운전자의 제동 페달 반응 특성을 나타내고 있다. 그림에서, 그림에서, 연령별 운전자는 크기의 변화에 영향을 받지 않고, 일정한 반응 시간을 가짐을 확인하였다. 또한, 고령운전자는 신체적인 퇴화에 의해서 근력의 차이로 인하여 20대 운전자와 비교하여 약 350ms(최소 75dB: 341ms, 최대 85dB: 354ms)정도의 반응 시간이 늦으며, 40대 운전자와 비교하여 약 220ms(최소 75dB: 218ms, 최대 85dB: 220ms)정도의 반응 시간이 늦음을 확인하였다.

제동 페달 반응 결과는 연령( $F(2, 1604)=268.433, P=0.00$ )에 대해서는 통계적으로 유의한 차이를 보

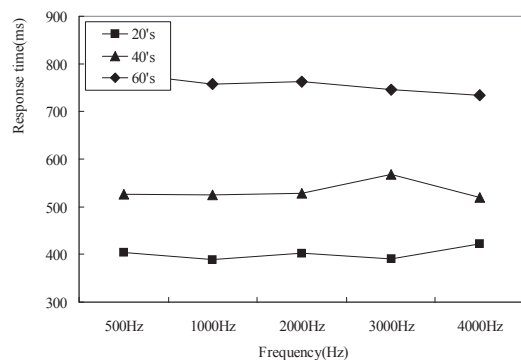


Fig. 8 Brake pedal response time result for varying frequency with age groups

이며, 주파수( $F(6, 1604)=0.113, P=0.995$ ), 주기( $F(4, 1604)=0.727, P=0.574$ )와 크기( $F(1, 1604)=0.105, P=0.745$ )에 대해서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, 제동 페달 반응 시간은 가속 페달에서 밟을 때 제동 페달을 밟는 동작에 관련된 근육에 영향을 받기 때문에, 신체적인 퇴화에 의해서 근력의 차이를 가지는 연령에 대해서만 통계적인 유의성을 가진다.

이상과 같은 실험 결과로부터, 차량 안전 경고음을 설계할 주파수, 주기와 크기의 특성을 고려해야 함을 확인할 수 있다. 특히, Fig. 11 과 같이 경고음의 주파수는 3kHz 대역을 기준으로 고려하고, 주기는 500ms 이하를 기준으로 고려해서 자동차 안전 경고음과 시스템을 설계해야 한다. 또한, Fig. 12 와 같이 고령운전자의 청력 감퇴로 인하여 발생하는 약 200ms 정도의 가속 페달 반응시간 차이와 신체적인 퇴화에 의해서 발생하는 약 350ms 정도의 제동 페달 반응 시간 차이를 고려해서 자동차 안전 경고음과 시스템을 설계해야 한다.

#### 4. 결론

본 논문은 고령운전자의 경고음 특성에 대한 반응 특성을 차량 시뮬레이터 주행 실험을 통하여 분석하였다. 특히, 자동차 안전 경고음의 주파수, 주기와 크기 특성에 대하여 고령운전자의 반응 특성을 분석하여 적절한 경고음의 설계 범위를 제안하였다. 또한, 고령운전자를 포함하는 연령별 운전자의 경고음 반응 시간을 정량적으로 제시함으로써, 자동차 안전 시스템 설계 시 활용할 수 있는 연령에 관한 객관적인 기준을 제시하였다. 이상과

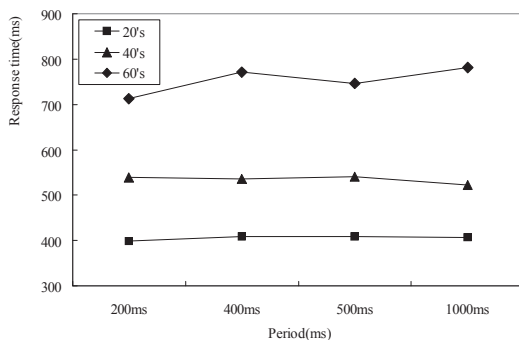


Fig. 9 Brake pedal response time result for varying period with age groups

같은 실험 결과로부터 본 논문은 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 고령운전자는 자동차 안전 경고음의 특성 중에서 주파수와 크기에 대해서 통계적으로 유의한 차이를 가짐을 확인하였다. 즉, 고령운전자는 경고음의 주기보다는 주파수와 크기 특성에 대하여 반응 시간의 차이를 가짐을 확인하였다.

둘째, 고령운전자는 20 대 운전자와 비교하여 약 200ms 정도의 가속 페달 반응 시간 차이를 가짐을 확인하였다. 즉, 고령운전자는 청력 소실로 인하여 경고음의 특성과 상관없이 20 대 운전자와 비교하여 약 200ms 정도의 가속 페달 반응 시간 차이를 가지며, 자동차 경고음을 설계할 때 고려해야 함을 확인하였다.

셋째, 고령운전자는 20 대 운전자와 비교하여 약 350ms 정도의 제동 페달 반응 시간 차이를 가짐을 확인하였다. 즉, 고령운전자는 신체적 기능의 퇴화로 인하여 20 대 운전자와 비교하여 약 350ms 정도의 제동 페달 반응 시간 차이를 가지며, 자동차 경고음을 설계할 때 고려해야 함을 확인하였다.

본 연구는 자동차 안전 경고음의 반응 특성에 대하여 연구를 수행하였으며, 향후 경고음의 반응 특성과 함께 연령별 운전자의 감성적인 특성도 함께 고려하는 연구가 필요하다. 또한, 전방 충돌 경고 상황이나 차선 이탈 경고 상황이 발생할 때 경고음의 특성에 따른 반응 시간 및 감성 특성에 대한 연구도 필요하다.

#### 후 기

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화 사업의

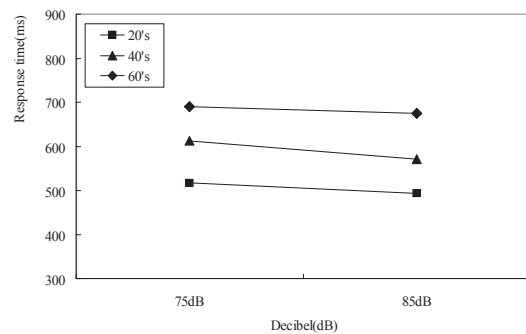


Fig. 10 Brake pedal response time result for varying decibel with age groups

연구비와 교육과학기술부의 “대구경북과학기술원” 연구사업의 연구비의 지원을 받아 수행되었습니다. 또한, 본 연구에 도움을 주신 대구 파티마 병원 이비인후과 김성희 과장님, 현대자동차 연구개발총괄본부 박우철 과장과 양영선 대리께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. ROad Traffic Authority (ROTA), “Main cause analysis of traffic accident,” pp. 19-83, 2006.
2. Ministry of health & welfare Presidential Committee on Ageing and Future Society, “A Study on Analyzing Industries for the Elderly and Developing their Cultivation Plans,” Ministry of health & welfare, pp. 25-38, 2005.
3. Malfetti, J. L., “Needs and problems of older driver: Survey results and recommendations,” Proceedings of the older drivers colloquium, 1985.
4. Hong, S. J. and Cho, K. K., “A study on Injury Characteristics of Elderly in Car-to-Car Frontal Crashes,” Transactions of KSAE, Vol. 17, No. 2, pp. 90-97, 2009.
5. Coughlin, J. F. and Reimer, B., “New demands from an older population: an integrated approach to defining the future of older driver safety,” Convergence transportation electronics association and SAE international, 2006.
6. Kim, M. H. and Son, J. W., “Driving behavior analysis of elderly driver for development of elderly-friendly vehicle safety,” KSAE annual conference,

pp.1721-1726, 2008.

7. Kim, S. H., Jang, S. S., Sin, J. H., Yeo, C. K., Han, Y. K. and Lee, J. K., “Age and gender specific reference levels for hearing thresholds of normal aging in Korean,” Journal of acoustical society of Korea, Vol. 24, No. 6, pp. 238-247, 2005.
8. Lee, J. K. and Lee, I. S., “Intelligent advanced safety vehicle technology development,” Auto Journal, Vol. 28, No. 4, pp. 22-27, 2006.
9. Yong, B. Y., Park, Y. H., Yoon, K. H. and Hwang, D. S., “Evaluation system for Forward Vehicle Collision Warning System,” Transactions of KSAE Vol. 15, No. 3, pp.85-90, 2007.
10. Koo, T. Y., Kim, B. Y., Ji, S. H., Bae, C. H., Park, J. H. and Suh, M. W., “A study on workload of telematics while driving,” Transactions of KSAE, Vol. 17, No. 2, pp. 26-33, 2009.
11. Yong, B. J., Park, Y. H., Yoon, K. H. and Hwang, D. S., “Evaluation system for forward vehicle collision warning system,” Transactions of KSAE, Vol. 15, No. 3, pp. 85-90, 2007.
12. Yong, B. J., Shim, S. J. and Yoon, K. H., “Safety evaluation of the adaptive cruise control system,” Transactions of KSAE, Vol. 15, No. 2, pp. 159-164, 2007.
13. ISO standard (16352), “Ergonomic aspects of in-vehicle presentation for transport information and control systems - warning systems,” pp. 39-66, 2005.
14. Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y. and Becker, S. E. G., “An Introduction to Human Factors Engineering,” Prentice Hall, pp. 138-175, 2004.

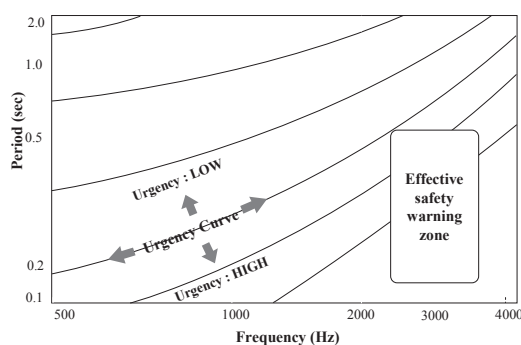


Fig. 11 Safety warning guideline for older driver

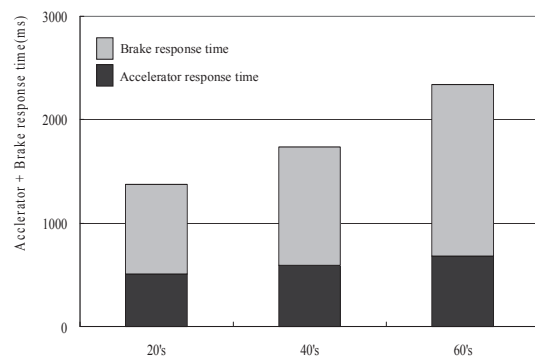


Fig. 12 Accelerator and brake pedal response time result with age groups