

## 차량 내 경고음의 인간공학적 설계에 관한 연구

최광이<sup>1</sup> · 이한나<sup>1</sup> · 최재호<sup>2</sup> · 정의승<sup>†</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 정보경영공학과 / <sup>2</sup>대진대학교 산업공학과

## Ergonomic Design of Warning Sounds Used in Cars

Kwang-i Choi<sup>1</sup> · Hanna Lee<sup>1</sup> · Jaeho Choe<sup>2</sup> · Eui. S Jung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Information Management Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

<sup>2</sup>Department of Industrial and Management Engineering, Daejin University, Kyoungki 487-711, Korea

This study aims to design ergonomic warning sound that is not confusing and enhancing preference. Four factors of the warning sound represented as interval, chord, reverberation and pitch were selected as independent variables. And, perceived urgency, perceived criticality, degree of confusion and user preference are measured as dependent variables. An experiment was conducted in silent lab environment. Warning sounds were given in 90dB constantly to subjects through stereo speakers. A statistical analysis revealed that interval was significant for perceived urgency; also interval and chord were both effective for perceived criticality. Pitch, interval, chord and the interaction between pitch and chord were effective in degree of confusion, so were reverberation, the interaction between reverberation and pitch and the interaction between reverberation and chord for preference. This study characterized the situation under which warning sounds are required into three types in terms of urgency and criticality; and found the right warning sound that the subjects perceived to best represent the situation through the validation study. These findings are expected to help the designer choose the right warning sound according to the situational contexts in which such warning sounds are implemented.

**Keywords:** Warning Sound, Perceived Urgency, Perceived Criticality, Effective Design

### 1. 서론

자동차를 운전할 때, 운전자에게 일어나고 있는 위험 상황을 인지하는 일은 운전자의 생명에 직결되어 있는 만큼 매우 중요하다. 자동차 브레이크의 유압이 낮을 때, 운전자가 안전벨트를 매지 않았을 때, 문이 열려 있을 때, 혹은 근래에 이르러 선보이고 있는 차량 충돌 감지에 의한 경고음 제시까지 자동차를 운전할 때 운전자가 위험에 처할 수 있는 상황은 매우 다양하고, 이러한 상황을 운전자에게 인지시키기 위하여 시각적, 청각적 신호를 제시하게 된다. 하지만, 눈으로 항상 전방 시야를 주시해야 하는 운전 상황을 고려해보면, 운전자에게 시각적 신호로 위험을 알리는 것은 알아차리기 어려운 경우도 있고, 위험을 인지하는 과정에서도 운전자에게 혼란을 유발시킬 수 있다. 따라서 자동차에서 운전자에게 위험을 인식시키기 위한 방법으로 청각적 신호의 역할이 매우 중요하다고 할 수

있다.

차량 내에서의 경고음이란 ‘자동차가 운전자에게 악영향을 끼칠 수 있는 위험한 상황이 발생할 여지가 있거나 혹은 발생하였을 때, 상황 해결을 위해 운전자에게 정확하게 상황을 인지시키기 위한 목적으로 차량 내부 Audio 시스템을 통해 일정한 음 높이를 반복적으로 제시되는 소리’로 정의할 수 있다. 최근 자동차 내의 기능들이 다양해짐에 따라 경고음이 필요한 상황은 더욱 증가하고 있다. 예를 들어 자동차 열쇠를 차량 안에 두고 내리는 상황, 외부 온도가 급격히 떨어지는 현상(Ice Warning) 등과 같이 기존에 없던 새로운 경고음들이 추가되고 있다. 이렇게 경고음이 요구되는 상황이 증가함에 따라, 운전자의 선호도를 고려하지 않고 긴급성만을 강조한 경고음보다는 상황에 따라 다양하고 적절한 경고음을 사용하는 것이 바람직할 것이다.

경고음에 관련된 기존의 연구로는, LAD(Likelihood Alarm

† 연락처 : 정의승, 136-701 서울시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 정보경영공학부, Tel : 02-3290-3380, E-mail : ejung@korea.ac.kr  
2008년 10월 2일 접수; 2008년 12월 4일 수정본 접수; 2008년 12월 5일 게재 확정.

Display)에 대해 색상을 이용한 시각적 경고 제시와 음성을 통한 청각적 경고 제시에 대한 작업자의 추적 능력과 판단 능력을 비교한 연구(Sorkin, 1988), 아이디어 도출을 통해 경고음을 만들고, 선호도 및 긴급성에 대한 평가를 진행한 연구가 존재하였다(Edworthy, 1995).

경고음의 설계 요소에 관한 기존의 연구로는 경고음을 개선하기 위하여, 서로 다른 설계 요소들을 통해 얻어지는 주관적 긴급성(Perceived Urgency)를 정량화하고, 영향력을 예측하고자 한 연구가 존재하였다(Hellier *et al.*, 1993). Hellier는 음의 간격(speed), 음의 높이(fundamental frequency), 반복 횟수(repetition units)의 변화에 따른 주관적 긴급성(Perceived Urgency)를 측정하였다. 또 다른 연구로는 경고음 음색(Pulse format), 음량(Pulse level), 음의 간격(Time between pulses)에 따른 주관적 긴급성(Perceived urgency) 및 탐지 시간(Detection time)에 대한 연구를 수행하였다(Haas *et al.*, 2007). 윈도우 운영체제에서 사용되는 경고음의 감성공학적인 연구에서는 윈도우의 경고음 특성을 음의 크기와 음의 높이, 스펙트럼으로 정의하고 이에 따른 감성 선호도를 분석하였다(홍승우, 2003).

또한, 경고음의 사용 환경에 따른 연구로는 항공기 시스템의 경고음을 위한 가이드 라인(Patterson, 1982), 기차 역의 경고음에 대한 심리학적인 평가에 관한 연구(Yoko, 1999), 의료 분야에서 일어날 수 있는 경고음 제시 상황에 대해, 멜로디를 사용해 각각의 경고음을 제시한 연구(Edworthy, 2006), 공장에서 일어날 수 있는 각각의 위험 상황에 대해 사이렌, 호른 등 많은 경고음의 양립성을 평가하는 연구(Lazarus, 1986), 전화기, 식기세척기, 전기 밥솥, 에어컨 등 가전 제품의 경고음이 어느 정도 혼동 되는지에 대한 연구(Kuwano, 2001)가 존재하였다.

앞서 살펴 본 기존의 연구들이 주로 위험한 상황에 대한 주관적 긴급성만을 평가하였으나, 중대성에 대한 고려가 부재하였다. 따라서 사람의 인지적 기준에 따라 경고음 발생 상황은 중대한(Critical) 문제인 경우와 신속하게 처리해야 할(Quick) 경우로 구분 한 후, 이에 따라 경고음도 다르게 설계하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한 기존의 연구는 감성적 특성을 고려하지 못하였다. 최근 차량 내 기능의 증가 및 운전자들의 감성 측면의 욕구가 높아짐에 따라 경고음을 들었을 때 느끼는 선호도에 대한 연구가 필요하며, 기존 연구에서는 소리들 간의 혼동은 고려하였지만 혼잡성의 문제를 고려하지 않아 경고음의 혼잡성에 대한 고려도 필요하다.

경고음의 설계 요소에 대해서는 기존의 연구들이 단음(Monophony)에 초점을 맞추어 연구하였으며, 화음(Polyphony)에 대한 연구가 부재하였다. 마지막으로 경고음 제시 상황에 대해 기능의 다양화를 반영하여, 경고음 제시 상황에 따라 혼동되지 않고, 인지적으로 부합하는 차등적인 경고음 제시가 필요할 것이다.

따라서 본 연구에서는 감성적으로 향상되고 사용자에게 혼란을 유발시키지 않는 경고음의 개발을 위해 음의 간격, 화성, 잔향 및 음의 높이에 따라 긴급성, 중대성, 혼잡성 및 선호도에

대한 실험을 진행하여 영향력을 파악하고, 경고음이 제시되는 각각의 상황에 부합하는 경고음을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 경고음 제시 상황 분류

현재 한국 1사, 유럽 2사, 일본 2사, 총 5개 자동차 회사에서 현재 시판하고 있는 대표적인 고급 차량을 대상으로 경고음이 제시되는 모든 상황을 각 차량의 매뉴얼을 참고하여 조사하였다. 운전자에게 Warning 상황에서 Sound를 제시하는 경우만을 포함하였으며, 기능 조작에 따른 Feedback Sound인 경우는 제외하였으나, 예외적으로 기능 조작으로 인한 Feedback Sound가 차후 안전에 영향을 미칠 것으로 파악되는 경우에 대해서는 조사에 포함하였다. 조사된 제조 회사별 차량 내 경고음 제시 상황은 총 14개로 <Table 1>과 같다.

Table 1. Warning Sound Situation

| 경고음 제시 상황           | 차량 제조 회사 |   |   |   |   |
|---------------------|----------|---|---|---|---|
|                     | H        | M | B | L | I |
| 안전벨트를 착용하지 않았을 때    | ○        | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 차량 도어가 열려 있을 때      | ○        | ○ | ○ | ○ |   |
| 충돌의 위험이 있을 때        | ○        | ○ | ○ |   |   |
| 브레이크의 유압이 부족할 때     | ○        | ○ |   | ○ |   |
| 열쇠를 차에 두고 문을 잠글 때   |          | ○ |   |   | ○ |
| 전조등을 켜 상태로 시동 켜었을 때 |          | ○ |   |   | ○ |
| 자동차 시스템이 고장 났을 때    |          | ○ |   | ○ |   |
| 거리 경고 프로그램이 종료 될 때  |          | ○ |   |   |   |
| 외부 온도가 급격히 떨어질 때    |          |   | ○ |   |   |
| 배터리의 전압이 낮을 때       |          |   | ○ |   |   |
| 차량에 큰 손상을 입을 때      |          |   |   | ○ |   |
| 유지 중인 차선에서 벗어날 때,   |          |   |   |   | ○ |
| P가 아닌 기어에서 시동 켜었을 때 |          |   |   |   | ○ |
| 타이어 공기압이 낮을 때       |          |   |   |   | ○ |

경고음 제시 상황은 안전 벨트를 착용하지 않았을 때(5개 회사 모두)와 차량 도어가 열려 있을 때(4개 회사)가 가장 많았으며, 충돌의 위험이 있을 때와 브레이크 유압이 부족할 때(3개 회사) 등 주로 주행 시의 안전 위험이 큰 경우는 대부분 경고음을 제시하고 있다.

<Table 1>에서 조사된 총 14가지의 경고음 제시 상황에 대해 피실험자들이 주관적으로 느끼는 긴급성과 중대성에 대한 평가를 실시하였다. ‘긴급성(Urgency)’은 ‘빠른 상황 파악 및 해결을 요구되는 정도’, ‘중대성(Criticality)’은 ‘중요하거나 큰 위험을 초래하는 정도’로 정의하였으며, 어휘에 대한 설명을 돕

기 위해 위의 설명과 더불어 긴급성에는 ‘Quick’, 중대성에는 ‘Critical’이라는 속성에 대한 설명을 추가하여 참고하도록 하였다. 평가는 <Figure 1>과 같은 설문을 통해 9점 척도로 평가하도록 하였으며, 운전 면허를 소지한 남녀 20명(평균 연령 28.2±4.3세, 운전경력 5.3 (±3.2년)이 피실험자로 참여하였다.

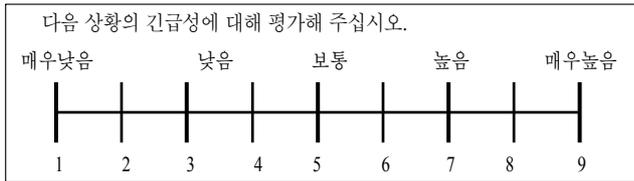


Figure 1. Scale of survey

각 항목의 평가치 평균을 매우 낮음 1점과 매우 높음 9점을 각각 -1.0과 +1.0로 하여 -1.0~1.0사이의 값으로 변환하였으며, 이를 ‘긴급성 지수’와 ‘중대성 지수’로 정의하였다. 즉, 긴급성 지수가 0이면, 보통 수준의 긴급성을 의미하며, 0보다 클수록 긴급한 상황을, 0보다 작을수록 긴급하지 않은 상황을 의미한다. 중대성의 경우도 마찬가지로 0이 보통 수준의 중대성을 의미하며, 중대성 지수가 클수록 중대한 상황을 나타낸다.

각각의 경고음 상황을 <Table 2>와 같이 긴급성 지수와 중대성 지수를 기준으로 4가지 타입으로 구분하였다. A 타입은 긴급성 지수 > 0, 중대성 지수 > 0인 상황으로 중대하면서 긴급한 상황에 해당되며, B 타입은 긴급성 지수 > 0, 중대성 지수 < 0인 상황으로 긴급한 해결이 필요하지만 크고 위험한 문제는 아닌 상황, C 타입은 긴급성 지수 < 0, 중대성 지수 > 0인 상황으로 빠른 해결을 요구하지는 않지만 중대한 문제가 발생한 상황, D 타입은 긴급성 지수 < 0, 중대성 지수 < 0인 상황으로 크게 긴급히 해결해야 하거나 큰 위험을 일으킬 위험이 없는 상황에 해당한다.

Table 2. Four types of warning sound situation

| 타입   | 긴급성 지수 | 중대성 지수 |
|------|--------|--------|
| A 타입 | > 0    | > 0    |
| B 타입 | > 0    | < 0    |
| C 타입 | < 0    | > 0    |
| D 타입 | < 0    | < 0    |

14가지 경고음 제시 상황에 대한 평가치 평균값과 이를 기준으로 4가지 타입으로 분류한 결과는 <Table 3>과 같다. 안전벨트를 착용하지 않았을 때와 Door가 열려 있을 때 등의 상황은 중대성 지수는 높았으나 긴급성 지수가 낮아 타입 C로 분류되었으며, 충돌의 위험이 있을 때와 브레이크의 유압이 부족할 때 등의 상황은 중대성과 긴급성 모두 높아 타입 A로 분류되었다. 전조등을 켜 상태로 시동을 켜올 때, 거리 경고 프로그램이 종료 될 때, 외부 온도가 급격히 떨어질 때(Ice Warning의

위험이 있을 때), 기어를 P 위치에 두지 않고 시동을 켜올 때는 긴급성 지수와 중대성 지수가 모두 낮아 타입 D로 분류되었다. 긴급성은 높지만, 중대성은 낮은 타입 B는 존재하지 않았으며, 이는 중대성이 낮은 일은 긴급하게 할 필요가 없다는 의식이 반영된 것으로 판단된다.

Table 3. Categorizing warning sound situation

| 경고음 제시 상황            | 긴급성 지수 | 중대성 지수 | 타입 |
|----------------------|--------|--------|----|
| 안전벨트를 착용하지 않았을 때     | -0.18  | 0.23   | C  |
| Door가 열려 있을 때        | -0.02  | 0.55   | C  |
| 충돌의 위험이 있을 때         | 0.30   | 0.28   | A  |
| 브레이크의 유압이 부족할 때      | 0.78   | 0.78   | A  |
| 열쇠를 차에 두고 문을 잠글 때    | -0.05  | 0.05   | C  |
| Light를 켜 상태로 시동 켜올 때 | -0.33  | -0.08  | D  |
| 자동차 시스템이 고장 났을 때     | 0.68   | 0.78   | A  |
| 거리 경고 프로그램이 종료 될 때   | -0.10  | -0.10  | D  |
| 외부 온도가 급격히 떨어질 때     | -0.38  | -0.10  | D  |
| 배터리의 전압이 낮을 때        | -0.02  | 0.15   | C  |
| 차량에 큰 손상을 입을 때       | 0.68   | 0.78   | A  |
| 유지 중인 차선에서 벗어날 때,    | 0.53   | 0.25   | A  |
| P가 아닌 기어에서 시동 켜올 때   | -0.23  | -0.18  | D  |
| 타이어 공기압이 낮을 때        | -0.18  | 0.15   | C  |

경고음 제시 상황에 따른 상황 분류를 보았을 때, 긴급성과 중대성에 기인하여 상황을 분류하는 것은 인지적으로 바람직하다고 판단할 수 있다. 따라서 경고음의 기능적 측면인 위험 상황 인지를 바탕으로, 경고음의 설계 요소에 따른 긴급성과 중대성 및 혼잡성에 관한 연구가 필요하다.

### 2.2 실험 계획

차량 내 경고음의 설계 요소에는 음의 높이(Pitch), 잔향(Reverberation), 간격(Interval), 화성(Chord), 음의 크기(Amplitude), 음색(Tone) 등이 있다.

음의 크기는 음량이 커질수록 주관적 긴급성이 커진다고 알려져 있으므로(Haas et al., 2007) 운전자가 들었을 때 놀라거나 소음으로 인한 청각 장애나 불쾌감이 일어나지 않는 한도 내에서 가능한 크게 들려주는 것이 좋을 것이다.

음색의 경우 음색이 다른 소리들은 파형이 모두 다르며 이러한 파형들이 물리적으로 선형적이거나 혹은 다른 체계적인 변화로 설명되지 않는다. 즉 몇 가지의 음색을 임의로 정의하여 실험하는 것은 의미가 없으며 분석 결과 역시 특정 음색에 대한 영향력만을 파악할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 음색은 현재 자동차 회사들이 경고음으로 쓰고 있는 Acoustic 피아노 소리로 실험을 수행하였다.

화성은 음색에 비해 체계적으로 변화시킬 수는 있지만 화음의 종류가 매우 많고 화성이 무한히 증가할 수 있으므로 모든 화성에 대해서 실험하는 것은 무리이다. 현재 차량 경고음으로 사용되는 음은 모두 단음(Monophony)이므로 본 연구에서는 현재의 단음에서 화음으로 확장이 가능한지에 대해 실험을 수행하였다.

따라서 본 연구에서는 독립 변수로 음의 간격, 화성, 잔향 및 음의 높이 4가지를 선정하였다. 음 간격의 수준은 현재 출시된 차량들의 경고음 중 가장 여유로운 간격인 1.5초와 0.3초 및 중간 값인 0.9초 3수준으로 설정하였다. 화성에 대해서는 기존의 단음, 2화음, 3화음의 3수준으로 선정하였다. 음의 잔향은 0.3초(가장 짧은 음 간격과 같음)와 지속되는 잔향 2수준으로 나누고, 음의 높이는 기존 경고음의 높이인 높은 G음과 그 보다 낮은 수준의 높은 C음 2수준으로 실험을 수행하였다. 종속변수로는 긴급성과 중대성, 혼잡성 및 선호도 4가지 항목에 대하여 주관적 인지도를 Magnitude estimation 기법을 사용하여 100점 척도로 측정하였다. 본 연구의 독립변수와 종속변수를 정리하면 <Table 4>와 같다. 음의 크기는 경고음을 90dB로 일정하게 고정하였으며 음색은 Acoustic 피아노 소리로 고정하였다.

피실험자는 앞의 경고음 분류 실험과 동일한 20명이 참여하였으며, Within-subject design으로 수행하였다.

Table 4. Experiment design factors

|      |                    | 수 준           |      |           |
|------|--------------------|---------------|------|-----------|
| 독립변수 | 간격                 | 0.3초          | 0.9초 | 1.5초      |
|      | 화성                 | 단음            | 2화음  | 3화음       |
|      | 잔향                 | Short(0.3sec) |      | Long(연속)  |
|      | 높이                 | High(높은 G)    |      | Low(높은 C) |
| 종속변수 | 긴급성, 중대성, 혼잡성, 선호도 |               |      |           |

### 2.3 화음의 선정

독립변수로서 화음을 평가하기 위해서는 먼저 방대한 화음 중 하나의 화음을 선정하여야 한다. 서양 음악에서 통상적으로 화음을 C, D minor 혹은 으뜸화음, 버금 딸림 화음, 딸림 화음 등으로 표현하는데 이 코드 표기법은 3화음(Triad)의 전제 하에서 통용되는 방법이다. 즉, 서로 다른 3개의 음이 모여야 근음을 바탕으로 한 3화음(Triad) 체계가 구성되는데 2음으로 이루어진 2화음에 대해서는 앞서 언급한 화성 체계가 성립되지 않는다. 따라서 2화음과 3화음은 서로 같은 화성이라고 보기 어렵다. 단조 느낌의 3화음으로부터 한 음을 제거하여 2화음을 만들면 단조의 느낌이 사라지는 것이 그러한 예라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 경고음에 적합하다고 생각되는 2화음과 3화음을 실험을 통해 선정하였다. 각각의 대안은 현재 자동차 경고음으로 통용되고 있는 높은 G음을 기준으로 구성하

였으며, 사람들이 화음에서 가장 높은 음을 선율로 인지하는 경향에 맞추어 높은 G음보다 낮은 음이 중첩되도록 화음을 선정하였다. 2화음은 높은 G음을 기준으로 한 옥타브 내의 12개 음 중에서 가장 잘 어울리는 3개를 선정하도록 하였다. 3화음은 화성학을 참고하여 하나의 3화음에서 존재하는 대표적인 4가지 화음 종류에 대해 평가하도록 하였다(Rimsky-korsakov, 1999). 평가 대안으로 선정된 2화음과 3화음은 <Figure 2>와 같다.

실험은 피실험자가 컴퓨터 앞에 착석 후 Wav 파일의 경고음을 소음이 없는 연구실 환경에서 음악 재생 프로그램을 사용하여 50cm 떨어진 곳에 설치된 2 Channel 스피커를 통해 들려주고 평가하도록 하였다. 경고음 대안들의 음량은 Cool Edit Pro 2.1을 통해 90dB로 일정하게 하였다. 임의의 순서로 경고음 대안을 들려주고 경고음으로서 가장 적합한 음을 선택하도록 하였다. 실험은 앞의 경고음 상황분류 실험과 동일한 피실험자들을 대상으로 실시하였다.



Figure 2. Range of 2-Chord and 3-Chord for survey

실험 결과 2화음에서는 F-G 조합이 Warnng Sound에 가장 어울리는 대안이라고 응답(21.7%)하였으며, 3화음의 경우는 감 3화음이 경고음에 가장 어울린다고 응답(33.3%)하였다. 따라서 본 연구에서 독립변수 화음의 수준으로 단음(1음), 2화음(F-G), 3화음(G음을 가장 높은 음으로 갖는 감 3화음)을 선정하였다.

### 2.4 실험 장비

경고음 제작에는 MIDI를 이용하는 작곡 프로그램 Finale 2008로 악보를 만들어 화성과 높이가 다른 음들을 생성하였다. Finale 2008을 통해 생성된 음을 오디오 파일 편집 프로그램인 Cool Edit pro 2.1을 통하여 간격과 잔향 및 음량을 조절하여 최종 실험 대안들을 제작하였다.

### 2.5 실험 진행

실험은 총 36가지의 경고음에 대해 앞의 화음선정 실험과 동일하게 수행하였으며, 실험 상황은 <Figure 3>과 같다. 실험을 시작하기 전 대안을 사전에 들려주어 전체적인 실험에 대한 대략적인 감각을 익히도록 하였다.

실험 진행 시 하나의 대안을 반복하여 들려주면서, 평가를 하

도록 하였고, 평가가 끝난 후에 다음 대안을 들려주었다. 순서에 의한 오염을 방지하기 위해 피실험자에게 경고음을 임의의 순서로 제시하였고, 각각의 경고음을 들으면서 긴급성, 중대성, 혼잡성, 선호도를 평가하도록 하였다.



Figure 3. Experimental Environment

### 3. 실험 결과

#### 3.1 정규성 검정

통계 프로그램 SPSS 12.0을 이용하여 피실험자 20명의 데이터가 정규분포를 따르는지를 파악하기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 검정 결과 <Table 5>와 같이 긴급성, 중대성, 혼잡성, 선호도 모두 유의확률이 0.000으로 모두 정규분포를 따르는 것으로 분석되었으며, 이는 본 실험에 참여한 20명의 데이터의 샘플링이 편중되지 않았음을 뜻한다.

Table 5. Result of Kolmogorov-Smirnov Test

| 항 목                   | 긴급성   | 중대성   | 혼잡성   | 선호도   |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Kolmogorov-Smirnov의 Z | 3.062 | 2.856 | 3.306 | 2.777 |
| 근사 유의확률(양측)           | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

#### 3.2 분산 분석

SPSS 12.0을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 각 종속변수에 대한 분산분석 결과의 p-value는 <Table 6>과 같다. 긴급성에는 간격만이, 중대성에는 간격과 화성, 혼잡성에는 높이, 간격, 화성 및 높이×화성에 의한 교호작용, 선호도에는 잔향과 높이×잔향, 잔향×화성에 의한 교호작용이 유의한 것으로 분석되었다.

간격은 긴급성과 중대성, 혼잡성에서 유의한 것으로 분석되었으며, <Figure 4>와 같이 간격이 짧아질수록 긴급성과 중대성, 혼잡성 모두 높아지는 것으로 나타났다.

Table 6. Effects by design factors (ANOVA)

| 변 수         | 긴급성    | 중대성    | 혼잡성    | 선호도    |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 높이          | 0.570  | 0.170  | 0.003* | 0.083  |
| 잔향          | 0.583  | 0.915  | 0.866  | 0.000* |
| 간격          | 0.000* | 0.000* | 0.000* | 0.052  |
| 화성          | 0.410  | 0.008* | 0.000* | 0.021  |
| 높이×잔향       | 0.909  | 0.767  | 0.132  | 0.007* |
| 높이×간격       | 0.695  | 0.713  | 0.175  | 0.991  |
| 잔향×간격       | 0.172  | 0.128  | 0.089  | 0.068  |
| 높이×잔향×간격    | 0.164  | 0.944  | 0.971  | 0.202  |
| 높이×화성       | 0.624  | 0.321  | 0.001* | 0.405  |
| 잔향×화성       | 0.618  | 0.111  | 0.145  | 0.010* |
| 높이×잔향×화성    | 0.865  | 0.779  | 0.928  | 0.282  |
| 간격×화성       | 0.404  | 0.236  | 0.203  | 0.353  |
| 높이×간격×화성    | 0.175  | 0.274  | 0.130  | 0.677  |
| 잔향×간격×화성    | 0.302  | 0.327  | 0.296  | 0.467  |
| 높이×잔향×간격×화성 | 0.604  | 0.354  | 0.558  | 0.184  |

Note) \*effectiveness exists in  $\alpha = 0.01$ .

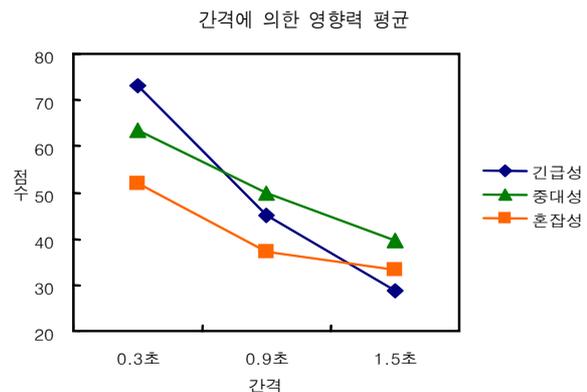


Figure 4. Effects of Intervals

화성은 중대성과 혼잡성에 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, <Figure 5>와 같이 단음, 2화음, 3화음 순으로 중대성과 혼잡성이 높아졌다. 중대성은 선형적인 증가 경향을 보였으나, 혼잡성에 면에서는 2화음과 3화음이 단음에 비해 급등하는 경향을 보였다.

높이는 혼잡성에만 유의하였으며 <Figure 6>과 같이 높은 음(G)에 비해 낮은 음(C)이 혼잡성이 높았다.

잔향은 선호도에만 영향을 미치는 것으로 나타났으며 <Figure 7>과 같이 잔향이 지속되는 경우를 짧은 경우(0.3초)에 비해 더 선호하는 것으로 평가되었다

높이와 화성의 교호작용은 <Figure 8>과 같이 혼잡성에만 존재하였다. 단음일 때에는 음 높이에 따른 변화가 없었으나, 단음이 아닌 2화음, 3화음에 대해서는 낮은 음에 대해 혼잡성이 증가하였다.

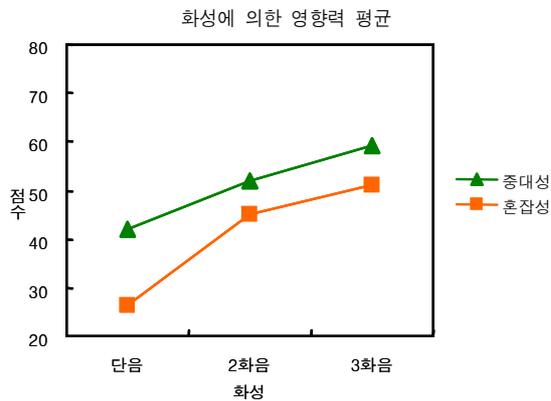


Figure 5. Effects of Chords

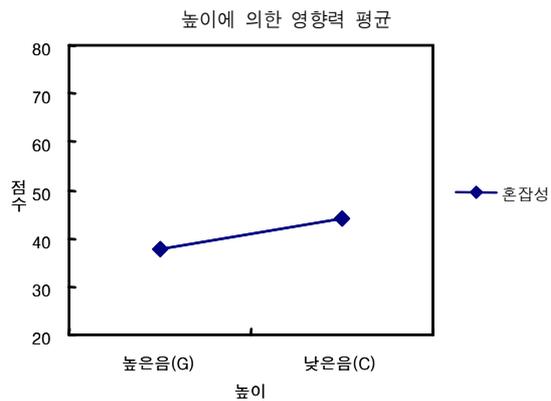


Figure 6. Effects of Pitch

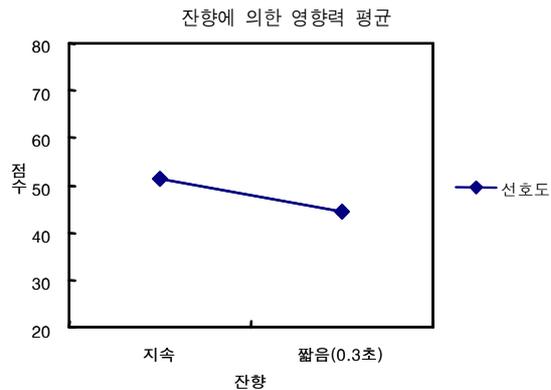


Figure 7. Effects of Reverberation

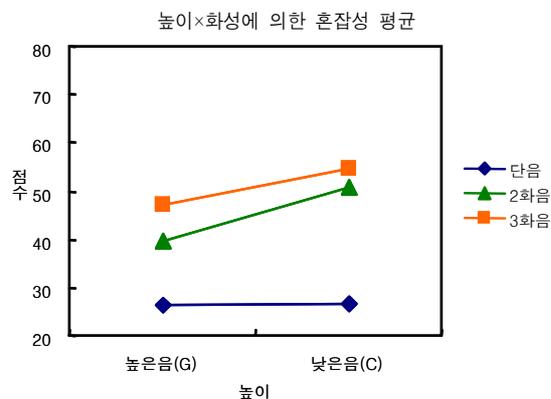


Figure 8. Interaction Effects of Pitch and Chords

높이와 잔향의 교호작용은 선호도에만 존재하였으며, <Figure 9>와 같이 낮은 음에서 짧은 잔향을 선호하였지만 높은 음에서 긴 잔향을 선호하였다.

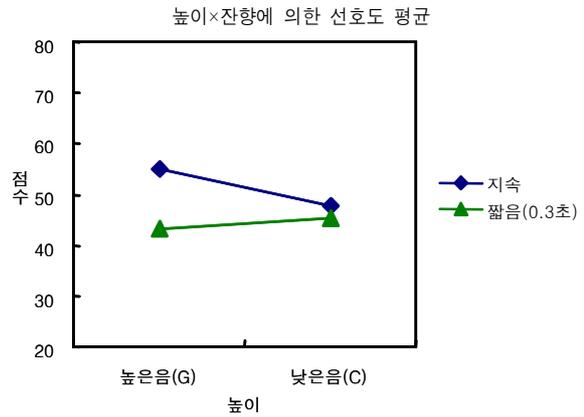


Figure 9. Interaction Effects of Pitch and Reverberation

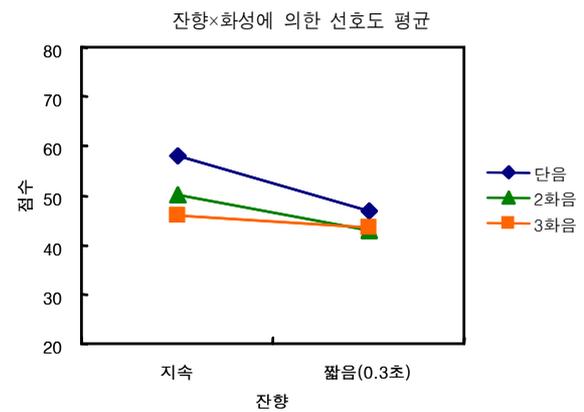


Figure 10. Interaction Effects of Reverberation and Chords

한 잔향과 화성의 교호작용도 선호도에만 유의하게 나타났으며, <Figure 10>과 같이 잔향이 짧은 경우에는 화성에 의한 선호도 차이가 적었지만 잔향이 긴 경우에는 선호도 차이가 커졌다.

### 3.2 상황 별 최적 경고음 선정

<Table 2>에서 제시한 경고음 제시 상황 분류에 부합하는 경고음을 선정하기 위해, 실험에 쓰인 36가지 경고음의 긴급성, 중대성, 혼잡성, 선호도 평가치를 -1.0~1.0사이 값으로 변환하였다. 이 경우도 마찬가지로 각각의 항목에 대해 0이 보통의 정도를 나타내며, 0보다 커질수록 해당 감성의 속성이 증가하고 0보다 작아질수록 감소함을 의미한다. 그러나 선호도가 보통보다 낮거나 혼잡성이 보통보다 커서 부정적 응답을 보이는 경고음은 실용적으로 적용하기에 적합하지 않으므로 혼잡성 지수가 0보다 큰 값과 선호도 지수가 0보다 작은 값은 분석에서 제외하였다. 실험에서 평가된 총 36개의 대안 중 부적합한

것들을 제외한 12개 대안의 속성 별 평가치와 분류는 <Table 7>과 같다.

**Table 7. Acceptable Alternations of Warning Sound**

| 대안    | 특징*    | 긴급성   | 중대성   | 혼잡성   | 선호도  | 타입 |
|-------|--------|-------|-------|-------|------|----|
| 대안 2  | 2L0.3H | 0.47  | 0.26  | -0.08 | 0.14 | A  |
| 대안 1  | 1L0.3H | 0.56  | 0.16  | -0.23 | 0.17 | A  |
| 대안 19 | 1L0.3L | 0.44  | 0.16  | -0.25 | 0.23 | A  |
| 대안 10 | 1S0.3H | 0.35  | 0.06  | -0.26 | 0.03 | A  |
| 대안 6  | 3L0.9H | 0.04  | 0.26  | -0.19 | 0.07 | A  |
| 대안 5  | 2L0.9H | 0.02  | 0.04  | -0.25 | 0.12 | A  |
| 대안 28 | 1S0.3L | 0.45  | 0.00  | -0.39 | 0.04 | A  |
| 대안 23 | 2L0.9L | -0.15 | 0.03  | -0.09 | 0.04 | C  |
| 대안 9  | 3L1.5H | -0.42 | 0.06  | -0.33 | 0.02 | C  |
| 대안 22 | 1L0.9L | -0.04 | -0.12 | -0.46 | 0.12 | D  |
| 대안 4  | 1L0.9H | -0.10 | -0.18 | -0.52 | 0.30 | D  |
| 대안 7  | 1L1.5H | -0.53 | -0.45 | -0.64 | 0.19 | D  |

Note) \* Characteristic means a combination of Chords, Reverberation, Intervals and Pitch.

분류 이후 각 타입 별로 최적의 경고음을 선정하였다. 중대성과 긴급성이 모두 높은 타입 A의 경우는 중대성과 긴급성 모두 큰 대안을 선택하기 위해 두 점수 중 작은 점수가 더 높은(Maximin) 대안을 선택하였다. 긴급성은 낮지만 중대성은 높은 타입 C의 경우는 긴급성과 중대성이 변별력 있게 차이는 대안을 선택하기 위해 두 점수 간의 차이가 큰 대안을 선택하였다. 긴급성과 중대성이 모두 낮은 타입 D의 경우는 긴급성과 중대성이 모두 낮은 대안을 선택하기 위해 두 점수 중 높은 점수가 더 낮은(Minimax) 대안을 선택하였다. 최종적으로 선택된 타입별 최적 대안은 타입 A는 대안 2, 타입 C는 대안 9, 타입 D는 대안 7이 선정되었다.

### 3.3 검증

상황에 따라 최종 선정된 경고음 대안들이 적절한지를 검증하기 위해 검증 실험을 수행하였다. 실험은 A, C, D 타입에 대하여 최종 대안 경고음을 모두 들려주고, 각각의 경고음 대안의 적절성을 9점 척도로 평가하도록 하였다.

실험은 피실험자 10명을 대상으로 진행하였고, 피실험자의 연령은 29.7(±3.2)세였으며, 이들의 운전 경력은 5.3(±3.1)년이였다.

실험에서 얻은 점수를 0~1사이의 값으로 변환한 결과는 <Table 8>과 같다. 타입 A에 대해 최종 선정된 대안 2의 적절성은 0.88, 타입 C의 대안 9에 대한 적절성은 0.80, 타입 D의 대안 7에 대한 적절성은 0.70으로 높은 적절성 평가를 얻어, 경고음 상황에 맞게 적절하게 선정되었다고 할 수 있다.

**Table 8. Adequacy of alternations of warning sound**

| 타입 | 특성             | 경고음 제시 상황            | 최종 A | 최종 C | 최종 D |
|----|----------------|----------------------|------|------|------|
| A  | 긴급성 高<br>중대성 高 | 충돌의 위험이 있을 때         | 0.88 | 0.42 | 0.17 |
|    |                | 브레이크의 유압이 부족할 때      |      |      |      |
|    |                | 자동차 시스템이 고장 났을 때     |      |      |      |
|    |                | 차량에 큰 손상을 입을 때       |      |      |      |
| C  | 긴급성 低<br>중대성 高 | 유지 중인 차선에서 벗어날 때,    | 0.43 | 0.80 | 0.55 |
|    |                | 안전벨트를 착용하지 않았을 때     |      |      |      |
|    |                | Door가 열려 있을 때        |      |      |      |
|    |                | 열쇠를 차에 두고 문을 잠글 때    |      |      |      |
|    |                | 배터리의 전압이 낮을 때        |      |      |      |
| D  | 긴급성 低<br>중대성 低 | 타이어 공기압이 낮을 때        | 0.11 | 0.55 | 0.70 |
|    |                | Light를 켜 상태로 시동 켜를 때 |      |      |      |
|    |                | 거리 경고 프로그램이 종료 될 때   |      |      |      |
|    |                | 외부 온도가 급격히 떨어질 때     |      |      |      |
|    |                | P가 아닌 기어에서 시동 켜를 때   |      |      |      |

## 4. 토의

연구 결과를 통하여, 긴급성과 중대성에 영향을 미치는 경고음의 설계 요소가 서로 다른 것을 확인할 수 있었다. 따라서 경고음의 설계 시 긴급성(Perceived Urgency)만 고려하는 것은 다양한 위험 상황에 대한 운전자의 인지도를 정확하게 반영하지 못하는 것으로 판단된다.

설문 조사 및 실험에서 긴급성과 중대성의 정도로 나눈 타입 A, B, C, D 총 4가지 상황에 대해, 긴급성이 높지만 중대성은 낮은 타입 B가 부재하였다.

중대한 위험이 있는 상황은 신속히 해결해줘야 하거나(타입 A) 혹은 잠재적인 위험 영향이 있어 꼭 신속하게 해결할 필요는 없는 경우(타입 C) 두 가지로 분류되었지만, 긴급성이 높으면서 중대성이 낮은 경우가 존재하지 않았던 이유는 앞서 언급한 바와 같이, 긴급한 상황이라는 것은 중대한 상황이 벌어졌기 때문에 긴급하다는 의식이 반영된 결과로 보인다.

변수 별 영향력에 관한 결과에서, 화성에 따른 영향력은 중대성에만 영향력이 존재하였으나 간격은 중대성과 긴급성 모두에 영향력이 존재하였다. 즉, 경고음 설계 시 화성을 증가시키는 것은 중대성만을 향상시키며, 간격을 감소시키는 것은 긴급성과 중대성을 같이 향상시킨다. 이는 중대성을 조절하기 위해 화성을 변화시키면, 긴급성과 관련 없이 중대성이 조절 가능하지만, 긴급성을 조절하기 위해 간격을 변화시키면, 긴급성과 중대성이 모두 증감하게 되는 것을 의미한다. 이러한 결과는 경고음 제시 상황 분류 결과와 일맥 상통한 경향을 보인다.

혼잡성에서는 높이, 간격, 화성, 높이×화성에 영향력이 존재하였다. 높이는 낮은 음일수록, 간격이 짧을수록, 화성이 중첩

될수록 혼잡성이 증가하였으며, 높이×화성에 의한 영향력을 관찰하여보면, 단음에 대해서는 높이에 의한 차이가 존재하지 않았으나, 화음(2화음, 3화음)에 대해서는 높이가 낮은 음에 대한 혼잡도가 증가하였다. 화음에서는 여러 음이 동시에 낮은 음이 울리기 때문에 운전자의 혼잡성이 증가하는 것으로 파악된다.

선호도에서는 잔향, 높이×잔향, 잔향×화성에 의한 영향력이 존재하였다. 잔향이 지속될 때 선호도가 증가하였으며, 높이×잔향에 의한 영향력에서는 잔향이 지속되는 경우에는 높은 음을 선호하였으며, 잔향이 짧은 경우에는 낮은 음을 선호하였다. 잔향×화성에 의한 영향력은 단음에서 3화음으로 중첩될수록, 잔향에 의한 선호도 차이가 감소하였다. 즉, 선호도에서는 잔향이 가장 영향력 있는 변수였으며, 잔향은 선호도를 제외한, 긴급성, 중대성, 혼잡성에는 영향을 미치지 않는 변수였다. 즉, 경고음에서 잔향을 길게 지속시키면, 긴급성과 중대성, 혼잡성에 영향을 주지 않으면서, 선호도를 향상시킬 수 있다.

최종 경고음 대안으로 선택된 대안 2, 대안 9, 대안 7은 기본적으로 경고음으로 쓰일 수 있는 혼잡성이 낮고, 선호도가 높은 대안들 중에서 선택되었는데, 각각의 변수 별 수준을 살펴보면, 위의 변수 별 영향력 결과를 따르고 있다. 그러나 타입 A의 화성이 3화음이 아닌 것을 알 수 있는데, 이것은 3화음이면서, 0.3초 간격으로 제시되는 대안이 혼잡성 면에서 수용될 수 없었기 때문이다.

검증 실험에서는 경고음 최종 A(대안 2)가 상황 타입 A와 가장 적절하였으며, 다른 상황에는 부적절한 경향을 보였다. 모두 각각의 상황에 대해 0.70~0.88까지 좋은 결과를 얻었으나, 타입 C와 D, 최종 C(대안 9), 최종 D(대안 7)이 서로 상반되는 경우에도 보통수준 정도의 적절성을 가졌는데, 이러한 이유는 두 가지 대안 모두 간격이 1.5초로 느린 성향에 의해 어느 정도 적절히 어울린다고 생각한 결과로 풀이된다.

## 5. 결론

본 연구는 긴급성과 중대성에 기인한 차량 내 경고음을 향상시키기 위하여, 경고음의 설계 요소 중 음의 높이, 잔향, 간격, 화성에 따른 긴급성, 중대성, 혼잡성, 선호도의 영향력에 대해 분석하였고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 긴급성과 중대성의 정도에 따른 변수 별 영향력이 각각 존재하므로, 운전자의 긴급성만을 경고음 개선을 위한 척도로 삼은 기존의 연구에서 탈피하여 운전자의 긴급성과 중대성이라는 두 가지 척도에 기인하여 연구할 필요성이 있다. 즉, 인간의 마음 속에 존재하는 척도를 좀 더 세밀하고 정확히 반

영함으로써, 각각의 위험상황에 대해 기존의 연구방법 보다 인지적으로 부합하는 연구 결과를 얻을 수 있을 것이다.

둘째, 화음이 중첩됨에 따라 중대성이 높아지지만, 혼잡성 또한 증가시키기 때문에, 화음을 이용한 경고음의 적용 시 혼잡성을 많이 증가시키지 않는 범위 내에서의 설계가 요구된다. 적절한 화음의 선택은 경고음에 대한 사람의 위험 상황의 정도에 대한 인지를 차등적으로 구분하는데 좋은 역할을 할 것이다.

셋째, 위험 상황에 따른 경고음 차별화 적용이 가능하므로, 차량 내에 도입되는 새로운 기능들에 대해 긴급성과 중대성에 따라 분류 후, 상황에 따른 경고음 적용이 가능하다. 또한, 경고음이 아닌 산업 현장에도 마찬가지로 적용시켜 위험 요소들을 앞서 언급한 바와 같이 분류하고, 위험을 예방하는 방안을 제안하는 데 도움이 될 것이라고 생각한다.

## 참고문헌

- Seung W. Hong, Eui S. Jung, Sungjoon Park, Dong S. Choi (2003), Affective Design of Warning Sounds used in Windows Operating Systems, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 29(4), 259-270.
- Nikolai Andreevich Rimsky-Korsakov (1999), Harmony.
- Elizabeth J. Hellier, Judy edworthy, and Ian dennis (1993), Improving Auditory Warning Design : Quantifying and Predicting the Effects of Different Warning Parameters on Perceived Urgency, *Human Factors*, 35(4), 693-706.
- Haas, Ellen C. (2007), The Perceived Urgency and Detection Time of Multi-tone and Frequency-Modulated Warning Signals, *Human Factors and Ergonomics Society*, 554-548.
- Edworthy, J. and Stanton, N. A. (1995), A user-centered approach to the design and evaluation of auditory warning signals : *Methodology, Ergonomics*, 38, 2262-2280.
- Lazarus, H. and Hoge, H. (1986), Industrial safety : acoustic signals for danger situations in factories, *Applied Ergonomics*, 17(1), 41-46.
- Ogawa Yoko, Yamazaki Teruo, Mizunami Tazu, and Kuwano Sonoko (1999), Psychological Assessment of Signal Music at Railway Stations, Reports of the Meeting, *The Acoustical Society of Japan*, 659-660.
- Sonoko Kuwano, Seiichiro Namba, Tazu Mizunami (2001), desirable properties for identification of auditory warning signals, *Acoust. Sci. and Tech*, 22(4), 311-314.
- Edworthy, J., Hellier, E. (2006), Alarms and human behaviour : implications for medical alarms, *British journal of anaesthesia*, 97(1), 12-17.
- Patterson, R. (1982), Guidelines for auditory warning systems in civil aircraft (report 82017), Civil Aviation Authority.
- Sorkin, R., Kantowitz, B., and Kantowitz, S. (1988), Likelihood alarm displays, *Human Factors*, 30, 455-459.