

통합 선교 알람 시스템을 위한 Warning Sounds에 대한 기초 연구

이봉왕* · 김흥태* · 양찬수* · 양영훈* · 공인영* · 양원재**

*한국해양연구원 해양시스템안전연구소, **목포해양대학교

A Basic Study of Warning Sounds for Integrated Ship Bridge Alarm System

Bong-Wang Lee* · Hongtae Kim* · Chan-Su Yang* · Young-Hoon Yang* · In-Young Gong*
Won-Jae Yang**

* Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering/KORDI, **Mokpo National Maritime University

요 약 : 선박은 하나의 거대한 인간-기계시스템으로써 작업자와 시스템간의 상호 작용이 얼마나 잘 이루어지는가에 따라 수행하고자 하는 직무와 수행도에 영향을 미치게 된다. 선교 내에는 시각 표시 장치뿐만 아니라 청각 표시 장치로부터 나오는 많은 신호들이 존재한다. 그 중 장비의 알람(alarm)에 대한 인간의 인지능력에 대한 연구는 부족한 상태이다. 본 연구에서는 auditory icons과 abstract sounds의 비교 평가를 통하여 알람에 대한 작업자의 인지에 대한 연구를 하였다. 실험결과 auditory icons를 사용한 경우 abstract sounds 보다 더 빠르고 정확하게 인지 할 수 있는 것으로 나타났다. 선교 내 청각적 표시장치의 성능 기준 그리고 현재 논의 되고 있는 통합 선교 알람 시스템을 위한 기초 자료로 본 연구의 결과가 이용될 수 있을 것이라 생각된다.

핵심용어 : Alarm, Warning Sounds, Auditory Icons, Abstract Sounds

ABSTRACT : A ship can be considered as a large human-machine system and the interaction between worker and system affects the work performed and its efficiency. Inside the bridge of a ship, there exist many auditory signals as well as visual signals. However, only a few studies have been performed related to human recognition to alarm systems in bridge. In this study, auditory icons and abstract sounds are compared to find more effective means of alarm systems. The study result shows that auditory icons are recognized faster than abstract sounds. This result is expected to be used as a basic data for developing performance criteria of auditory display inside bridge and for designing integrated ship bridge alarm system.

KEY WORDS : Alarm, Warning Sounds, Auditory Icons, Abstract Sounds

1. Introduction

선박은 거대한 인간-기계시스템(man-machine system)으로써 작업자와 시스템간의 상호작용(interaction)이 얼마나 잘 이루어지는가에 따라 수행하고자 하는 직무(task)의 수행도(performance)가 높아지거나 낮아지게 된다. 선박 내 시스템이 작업자에게 잘못된 정보를 전달하거나 적절하지 못한 방법으로 정보를 전달하게 되면, 이 정보는 직무를 정확하게 수행하지 못하게 하는 방해요소가 되며, 대형 사고로 이어질 수 있게 된다.

이러한 거대 시스템에서 작업자에게 정보를 전달하기 위한 방법으로 표시장치(display panel)가 흔히 쓰인다. 이러한 표시 장치는 그 장치가 전달하고자 하는 정보를 작업자에게 가능한 빨리 그리고 정확하게 전달할 수 있도록 설계되어야 한다. 즉, 어떤 사건(event)이 발생되었을 때 그 사건의 발생여부를 빠르게 확인(perception) 할 수 있어야 하며, 무엇 때문에 사건이

발생하였는지를 정확히 인지(cognition) 할 수 있어야 한다.

인간이 외부로부터 전달되는 정보를 받아들일때 있어 대부분 시각과 청각이 담당한다고 알려져 있다. 선박 내 선교에서 사용되는 다양한 항해 및 통신장비 등의 정보 전달 방법으로는 대부분이 시각 표시장치(visual display)이지만, 청각적 표시장치(auditory sensory display)도 상당수를 차지하고 있다. 청각적 표시장치는 시각적 표시장치와는 달리 신호원 자체가 음으로만 이루어져 있을 때, 메시지가 간단하고 짧을 때, 메시지를 나중에 참고할 필요가 없을 때, 메시지가 그 때의 사건을 다룬 것일 때 그리고 즉각적 행동이 요청되는 경고나 메시지일 때 등 독특한 정보를 제공할 수 있다(Sanders and McCormick, 1987).

선박 내 선교에서는 많은 청각 신호들이 존재하나 이러한 많은 신호에 대한 인간의 인지능력에 대한 연구는 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 청각적 표시장치로 나타내는 알람에 대한 작업자 인식과 인지에 관한 기초 연구를 하였다. 그리고 Leung(2001) 선행 연구에서 사용되었던 auditory

icon(청각 아이콘)을 사용하여 기존 알람과의 비교 평가를 수행하였다. 이 결과를 토대로 청각적 표시장치의 성능기준(인식 및 인지에 적당한 알람의 기준)을 마련하고, 성능기준에 부합되는 알람을 통합하여 “통합선교알람시스템(Integrated Bridge Alarm System)”을 구축하는데 기초 연구가 되고자 하며, IBN(Integrated Navigation System)과 IBS(integrated Bridge System)에 있어서 청각적 표시장치에 대한 규범을 마련하는데 있어 기초 자료로 활용되고자 한다.

2. Auditory Alarms

2.1 청각적 표시 장치

외부의 정보를 받아들이는데 있어 시각 다음으로 많이 사용되는 기관은 청각이다. 청각의 특성을 살리면 시각적 표시장치와는 다른 여러 가지 독특한 정보를 제공할 수 있다. <표 1>은 청각 및 시각 표현의 용도 비교이다.

<표 1>과 관련하여 청각적 표시장치의 장점을 좀 더 살펴보면, ①신호원 자체가 음일 때, ② 즉각적 행동이 요청되는 경고나 메시지일 때, ③항공기 무선항로(radio range) 또는 비행 정보와 같이 계속 변하는 정보를 나타낼 때, ④음성 통신 채널을 전적으로 사용할 때(이 경우 음과 같은 청각신호를 음성으로부터 명확히 검출 할 수 있어야 한다) 그리고 ⑤ 말로 응답해야 할 때이다. 이러한 지침은 잘 판단하여 적용해야 하며, 복잡한 메시지는 사람들이 단기 기억장소(short-term memory)로부터 제대로 상기하지 못하기 때문에 짧고 간단한 것으로 제한하는 것이 바람직하다.

이러한 청각 표시장치를 설계하는 데 있어 몇 가지 지침을 살펴보면, 우선 일반원리로서 사용자가 알고 있거나 자연스러운 신호 차원과 코드를 사용하는 양립성(compatibility), 주의를 끄는 주의 신호와, 주의 신호 후 식별된 신호에 정확한 정보를 지정하는 지정신호로 이루어진 근사성(approximation), 두 가지가 동시에 울릴 때 식별 할 수 있는 분리성(dissociability), 꼭 필요한 정보만을 제공하도록 하는 검약성(parsimony) 그리고 동일 신호는 항상 동일한 정보를 지정하도록 하는 불변성(invariance)이 있다. 다음 표현 원리로는 극한적 청각 차원을 피하며, 주변 소음 수준에 상대적으로 세기를 설정하도록 하며, 간헐 또는 변동 신호를 사용하고, 청각 채널이 과부하 되지 않게 하여야 한다. 마지막으로 설치 원리를 살펴보면 사용할 사람들에게 미리 시험하여 제대로 검출하

고 식별하는지를 확인하고, 기존 신호와 상충되지 않도록 한다. 그리고 기존 신호의 전환(시각을 청각으로 대체할 때)이 쉽도록 한다(Sanders and McCormick, 1987).

2.2 Auditory alarm(청각적 알람)

알람 system은 인간-시스템 인터페이스(Human-system interface)에 있어서 중요한 부분이다. 청각적 신호는 중요한 정보를 전달하거나, 현재 시각 주위에 집중 되어있는 사용자에게 개의치 않고 즉각적인 주의를 필요로 하는 아이템에 사용자를 경고하게 된다. 따라서 부적절하게 디자인된 알람 또는 알람의 과잉은 그들의 직무를 행하는데 있어서 사용자의 능력에 부정적인 효과를 주는 가능성을 가지게 된다(Ahlstrom, 2003).

원자력 연구소, 항공기 관제센터, 항공기, 병원의 수술실 등 많은 분야에서 청각적 정보에 대한 연구를 수행하여 왔다. 간략히 살펴보면 다음과 같다.

2.2.1 AF(Airway Facility)에서의 알람

Ahlstorm(2003)은 그는 보고서에서 AF 환경에서의 알람을 위한 문제구역을 정의 그리고 완화 전략을 제안하였다. 분야의 연구에서 현재의 auditory 알람이 사용자의 요구를 충족시키고 적당한지 평가하고, 시스템의 통합 연구 방법을 제안하였다. AF에 있어서 알람의 영향을 알람으로 사용되는 buzzer, bells 그리고 siren 등의 주파수에 초점을 맞추었으며, 현재 사용되는 청각적 알람이 사용자의 요구를 충족시키고 적당한지 평가하였으며, 시스템의 통합에 대한 연구방법을 제안하였다.

2.2.2 병원에서에서의 알람

병원에서 사용되는 알람은 주로 수술실(operating room)이나 집중치료실(intensive care unit)에서 주요하게 사용된다. 집중치료실 또는 수술실에서 사용되는 알람은 시각 표시장치로 그들의 주의를 돌리기 위해 필요한 부속물이며, 의료기술의 발전은 모니터링 장비의 급증으로 이어지게 되었다. Willund and Hoffman(1988)은 의료 장비들은 다른 제품들과 사용성과 호환성 대신에 주요 구매 기준인 기능성으로 시간을 두고 부분적으로 구입된다고 말하였다.

이러한 의료 분에 있어서의 auditory 알람은 대부분의 인간 공학적 적용분야와 같은 환경에서 응용된다. 그러나 의료 환경에서 음성 알람(speech alarm)는 때때로 전해지는 메시지의 내용으로부터 환자가 보호될 필요가 있기 때문에 의학적 환경

<표 1> 청각 및 시각 표현의 용도 비교

청각적 표현을 이용하는 경우	시각적 표현을 이용하는 경우
메시지가 단순	메시지가 복잡
메시지가 짧음	메시지가 김
메시지를 나중에 다시 불 필요 없음	메시지를 여러번 보아야 함
메시지가 그때의 사건을 다름	메시지가 공간적 위치를 다름
시각 장치가 지나치게 많음	청각장치가 지나치게 많음
수용 위치가 너무 밝거나 암순응 필요	수용 위치에 소음이 많음
계속 움직이면서 일을 함	한자리에서 일을 함

Sanders and McCormick, 1987

에서 항상 바람직한 것만은 아니다.

또한 의료적 환경에 있어서 auditory 알람은 인간 공학자들보다 의료 전문가(마취전문가)에게 더욱 중요한 요소이다. Hope and Morrison(1986)은 높은 허위 경보율을 가진 마취 모니터링 장비의 문제점에 대해 논의 하였고, Sara and Wark(1986)은 마취 전문가들이 의료장비의 어떤 부분에서 제공된 auditory 알람을 사용하지 않는지 다른 다양한 이유를 설명하였으며, 그 중 주된 원인은 알람이 다른 직무 수행시 성가심의 원인이 되며, 직무를 빗나가게 만든다고 하였다. McIntyre and Stanford(1985)는 수술실에서 어떤 알람들은 reamer-driver와 high-volume dental suction등의 수술 장비들의 소음에 의해 차단되는 것을 발견하였다.

의학적 장비에서의 알람의 수는 분명 고려해야만 할 사항이다. 함축적 의미를 가진 수많은 알람을 기억한다는 것은 불가능하기 때문이다.

2.2.3. Auditory Icons

Auditory warning들은 크게 음성(Speech), 함축적 소리(Abstract sound) 그리고 청각적 아이콘(auditory icon)으로써 제안되는 환경적 소리(Environmental sound)로 구분 할 수 있다. 이것들에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

Speech는 복잡한 정보 그리고 적게 요구되거나 배울 필요가 없는 것을 전달할 때 적당하나, 주변의 음성 레벨이 높을 때 speech는 차단당할 여지가 있다. 음성 메시지의 전달은 상대적으로 긴 시간을 요할 때 필요하다. 그리고 조작자가 특별히 빠른 대응을 않거나 선택적인 경고들이 많은 상황에서 추천된다.

Abstract sound는 주변 음성에 의해 차단당하는 것이 거의 적고, 정보를 좀 더 빨리 전달할 가능성을 가진다. 가장 큰 단점은 많은 경고 셋(set)을 배우고 기억하는 것과 관련하여 어렵다는 것이다. 따라서 다섯 개 내지 여덟 개 정도의 크기로 제안한다.

마지막으로 Environmental sound는 또 다른 종류의 auditory warning으로 사용될 수 있는 잠재력을 갖고 있다. Abstract sound와는 다른 타입의 sound이며 이것은 실제적이다. auditory icon으로 제안된다. Abstract non-speech sounds의 장점들을 공유하지만, 습득할 수 있는 크기와 양에 대해서는 제한되어 있지 않다. Lawrence와 Banks(1973)는 Environmental sounds의 기억 용량은 194-아이템 셋(194-item set)에 대해서는 초과 할 수 없다는 것을 보여주었다.

Leung(2001)는 그의 논문에서 특정 이벤트에 대해서 각각의 speech, abstract sounds, auditory icon에 대해서 정확히 응답하기까지 수행한 횟수와 에러 수를 측정한 결과 speech와 auditory icon 사이에는 유의한 차가 없었으며, abstract sound는 speech와 그리고 auditory icon에 대하여 유의한 차이가 있었음을 보고하였다.

3. 연구 방법

본 연구는 설문조사와 실험을 같이 실시하였다. 선박 운용

자들이 현재 선교(ship bridge)에서 사용되는 알람에 대하여 얼마나 잘 인지하고 있는지 알아본 후 새로이 제안된 auditory icon과의 비교, 평가 실험을 실시하였다. 그리고 기존 알람과 새로 제안된 알람에 대한 설문조사를 실시하였다. 실험에 사용된 abstract sounds는 실제 선박에서 사용되는 장비의 알람을 Digital 녹음기를 사용하여 녹음하였으며, auditory icon은 전문가 두 분과 같이 의논하여 설정하였다.

3.1 실험

3.1.1 피실험자

피실험자는 선박 운항 경험이 있는 목포 해양대학교 4학년 학생들로 평균나이 24세의 대학생 8명으로 구성하였다.

3.1.2 Material

본 실험은 선원의 인지 정도를 알아보는 실험임으로 실제 선박에서의 실험이 아닌 Computer Based 실험을 실시하였다.

실험은 목포해양대학교 연구실에서 진행되었다. 실험 장비로는 P-4 1.8GHz와 Color LCD monitor(17인치, 해상도 1024*768)를 사용하였으며, Visual Basic으로 작성된 프로그램 그리고, 총 22(현재 사용되는 알람과 auditory icon 각각 11개)개의 사운드를 사용하여 실험을 실시하였다.

3.1.3 실험절차

피실험자는 실험 전 후 실험 동의서와 설문지 작성을 실시하였다. 설문지를 통해 현재 선교에서 사용되는 알람에 대한 것으로 일반적인 사항을 물어 보았다. 그리고 실험에 절차에 대해 간단히 들은 후 본 실험에 임하였다.

실험에 앞서 피실험자에게 실험에 사용될 abstract sounds와 auditory icons에 대하여 교육을 시켰으며, 이것들을 숙지할 수 있는 시간을 준 후 1시간이 흐른 후 실험을 실시하였다. 다음 <표 2>은 실험에 사용된 녹음되어진 알람이며, 편의상 기호를 붙였다.

<표 2> 실험에 사용된 알람이 녹음된 기기

기기	No.
Radar System Warning	1
VHF DSC Message	2
Gyro Compass Failure	3
S/G Safematic System	4
S/G System Alarm	5
Extension Alarm(Engine Machinery)	6
Extension Alarm(Cargo Machinery)	7
항해등 Abnormal	8
Fire Alarm Controller	9
AIS Guard Alarm	10
MF/HF Distress 수신	11

피실험자는 컴퓨터 모니터 앞에 앉아 PC 모니터에 제시된 화면을 통하여 실험을 수행하였다. 10초간 알람을 들려주고 그 의미를 알 수 있는 가에 따라 Y(안다), N(모른다)을 선택하도록 하였다. 반응시간은 알람이 끝나는 시점부터 Y, N 버튼을 누른 시점까지의 시간이다.

4. 실험 결과

4.1 실험 결과

다음 <표 3>과 <표 4>는 Abstract sounds와 Auditory Icons에 대한 반응시간과 정답자 수를 보여준다. 여기서 반응 시간이란 제시된 알람을 듣고 대답하기 까지 걸린 시간이며, 정답자 수는 알람을 듣고 이 알람이 울리는 장비가 무엇인지 정확하게 맞힌 것을 정답으로 하여 정답자수를 계산하였다.

<표 3> Abstract sounds에 대한 반응시간 및 정답자 수

기기	반응 시간(ms)	정답자수
No.1	2232.63	7
No.2	3123.00	7
No.3	1138.63	7
No.4	1136.63	4
No.5	2300.63	1
No.6	2113.38	2
No.7	2853.50	2
No.8	2779.25	3
No.9	2263.63	0
No.10	4011.75	1
No.11	909.875	7

<표 4> Auditory icons에 대한 반응시간 및 정답자 수

기기	반응 시간(ms)	정답자수
No.1	2922.00	8
No.2	1705.13	6
No.3	545.13	6
No.4	1650.50	8
No.5	914.13	5
No.6	699.25	6
No.7	2478.63	6
No.8	1961.25	5
No.9	679.63	6
No.10	519.75	8
No.11	564.50	8

<표 5> 정답자수에 따른 paired t-test 결과

	SD	t	p-value
No.1	0.3536	-1.000	0.351
No.2	0.3536	-1.000	0.351
No.3	0.4629	-1.528	0.570
No.4	0.7440	1.426	0.197
No.5	0.5175	2.049	0.080*
No.6	0.5175	2.049	0.080*
No.7	0.5175	3.416	0.011
No.8	0.1830	-2.049	0.080*
No.9	0.4629	4.583	0.003**
No.10	0.4629	4.583	0.003**
No.11	0.3536	1.000	0.351

(* Significant at the Level 0.1, ** Significant at the Level 0.05)

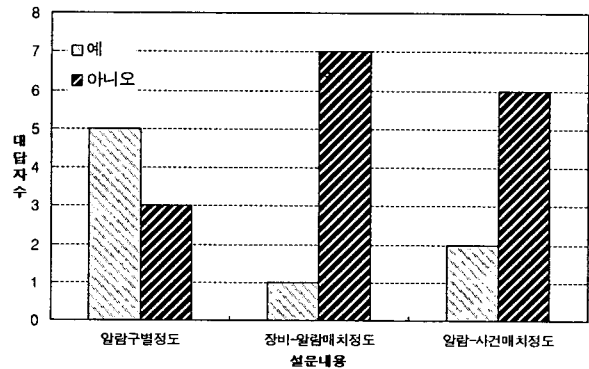
위 결과를 토대로 통계 분석을 실시하였다. 다음 <표 5>는 abstract sounds와 auditory icons간의 정답자 수에 따른

paired t-test를 보여준다. <표 5>를 살펴보면, No.9 (p-value=0.003 < 0.05)와 No.10 (p-value=0.003 < 0.05)은 유의 수준 0.05에서 유의하였다. 그리고 유의 수준 0.1에서는 No.5, No.6 그리고 No.8 장비들도 유의하였다. 이것은 대다수의 장비에서 auditory icons가 기존에 사용되던 Abstract sounds보다 훨씬 더 인지하기 쉬움을 보여 준다. 그리고 이외의 알람의 경우 차후 피실험자의 인터뷰를 통해서 선박에서 사용 빈도가 높았기 때문에 알기 쉬웠다고 대답하였다.

4.2 설문 결과

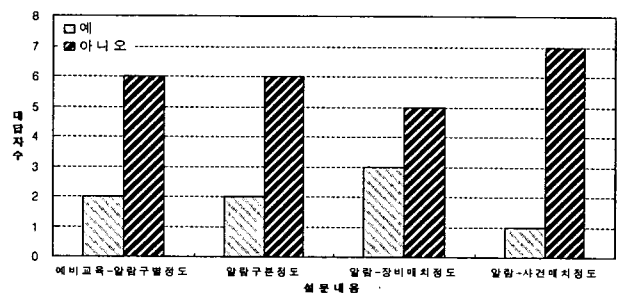
본 연구에서는 실험과 함께 설문지 작성도 실시하였다. 실험을 실시하기 전 알람의 일반적 사항에 대하여 조사를 하였으며, 각각의 abstract sounds와 auditory icons 실험 전후에 설문을 실시하였다.

다음 <그림 1>은 실험 전에 실시한 알람에 관한 일반적 사항을 보여준다.



<그림 1> 알람에 대한 일반적 사항

<그림 1>을 살펴보면 알람 구별이 쉬운가에 대한 질문에는 5명(62.5%)이 예, 3명(32.5%)이 아니라고 대답하였다. 장비와 알람 간의 매치 정도가 잘 이루어지는가에 대한 질문에는 1명(12.5%)이 예, 7명(82.5%)이 그렇지 않다고 대답하였다. 그리고 알람과 그 알람이 의미하는 사건과의 매치가 잘 이루어지는가에 대한 물음에는 2명(25%)이 예, 6명(75%)이 아니라고 대답하였다. 이 결과를 볼 때 항해자들은 알람과 장비간의 매치 그리고 알람과 특정 사건간의 매치를 잘 할 수 없는 것으로 조사되었다.

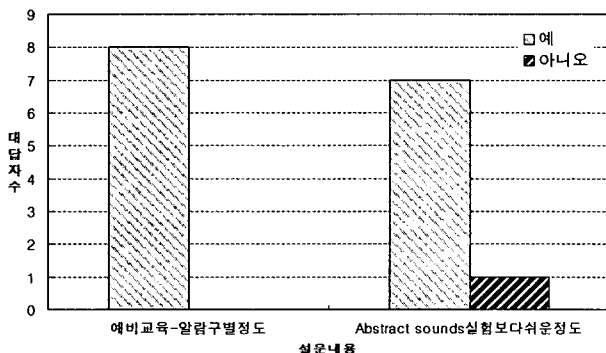


<그림 2> Abstract sounds에 대한 설문 내용

다음 <그림 2>는 abstract sounds 실험이 끝나고 실시된 설문조사 결과이다.

<그림 2>에서 첫 번째 그래프는 실험 실시 전 알람에 대해 배우기 쉬웠느냐에 대한 질문으로서 2명(25%)가 쉬웠다고 대답한 반면 6명(75%)가 어려웠다고 대답하였다. 두 번째 그래프는 실험이 끝난 후 실험에 사용된 알람의 구별이 쉬웠느냐 하는 것으로 역시 2명(25%)가 예라고, 6명(75%)가 어려웠다고 대답하였다. 세 번째 그래프는 알람만으로 장비를 알 수 있었느냐에 대한 질문으로 3명(37.5%)이 그렇다, 5명(62.5%)이 아니라고 대답하였다. 마지막 그래프는 알람만으로 현재 어떤 일이 일어났는지 알 수 있었느냐에 대한 질문으로서 1명(12.5%)이 예, 7명(87.5%)가 아니라고 대답하였다. 그림에서 알 수 있듯이 대부분의 피실험자들은 알람 자체만으로 어떤 장비가 그리고 어떤 이벤트가 발생하였는지를 알 수 없었다고 대답하였다.

<그림 3>은 auditory icons 실험이 끝나고 실시된 설문 조사 결과를 보여준다.



<그림 3> Auditory icons에 대한 설문내용

<그림 3>에서 첫 번째 그래프는 실험 실시 전 예비 교육에서 알람의 구별이 쉬웠는가에 대한 질문이었었는데 8명(100%) 전원이 그렇다고 대답하였다. 그리고 두 번째 그래프는 abstract sounds 실험과 비교하여 쉽게 알 수 있었느냐에 대한 질문으로써 7명(87.5%)가 예, 1명(12.5%)가 아니라고 대답하였다.

각 실험 후 추가적으로 알람의 구분이 왜 어렵고 쉬운지에 대하여 인터뷰를 실시하였는데, 대다수의 피실험자들이 Abstract sounds는 유사한 패턴으로 음들이 구성되어 있어서 구분하기 어려웠다고 대답하였고, auditory icons의 경우 소리가 다양하고 특정 이벤트와 매치가 되기 때문에 인지하기가 쉬웠다고 대답하였다.

5. 결론 및 추후 연구

이 연구는 abstract sounds로 지칭 되는 일반적인 beep음과 우리가 일상생활에서 많이 듣던 의미 있는 소리인 auditory icons에 대한 비교 평가에 대한 연구이다. 실험결과와 설문을 통해 auditory icons가 abstract sounds보다 훨씬 쉽게 인지해 내고 상황에 따라 구분을 쉽게 할 수 있음을 보였다. 이는 Leung(2001)의 연구와 상통한다고 할 수 있다.

연구에서의 반응시간을 제외한 정답자 수에 대해서만 통계 분석을 실시하였다. 그 이유는 반응시간이 빠르다고 해서 꼭 그 알람이 의미하는 바를 정확하게 안다고 할 수 없기 때문이다. 즉, 반응시간이 빠르지만 다른 의미로 알고 있을 수 있기 때문이다. 하지만 정답자수는 의미를 정확하게 알고 있는가의 여부를 쉽게 판별할 수 있었다. 정답자수를 통해 실시한 통계 분석 결과 유의 수준 0.1에서는 5개, 유의 수준 0.05에서는 2개의 알람이 아주 유의하게 나타났다. 그러나 <표 3>과 <표 4>를 비교해 보면 알 수 있듯이 No.1, No.2, No.3 그리고 No.11번 기기의 알람 같은 경우 자주 접하여 익숙해져 있는 것이었기 때문에 유의하지 않은 것으로 나타났다고 생각되어진다. 그리고 <표 3>과 <표 4>를 통해 정답자수가 많다는 것은 알람을 듣고 어떤 장비인지를 연상하기가 좋다는 것을 의미하고, 반응 시간이 짧다는 것은 이들의 연상 정도가 매우 강하다는 것을 의미한다고 말할 수 있겠다(McNamara, 1992).

이 연구에서는 목포 해양대학교 4학년을 대상으로 실험을 실시하였다. 이들의 선박 운항 경력은 12개월이었다. 경력이 있는 항해사들을 대상으로 실험을 실시하였다면 좀 더 좋은 결과를 얻었을 것이라 생각된다. 그리고 이 연구에서는 알람 자체의 음에 초점을 맞추어 인지 능력 실험을 실시하였으나, 이와 더불어 차후 연구에서는 소음(noise)이 주어진 환경에서의 실험이 필요하다고 여겨진다. 또한 음의 고저에 대한 실험과 소리의 원천과 작업자 사이가 차폐가 되는 상황에 대한 연구도 필요하다고 생각된다.

Acknowledgement

본 논문은 한국해양연구원에서 수행 중인 “해양위해도 통합 기반기술 개발”과제의 연구결과 중 일부이을 밝힙니다. 또한 본 실험을 위한 알람 녹음에 도움을 주신 SK 해운의 오명래 항해사와 실험에 자발적으로 참여해 주신 목포해양대학교 학생 여러분께 감사의 말씀을 전합니다.

참고 문헌

- [1] Ahlstrom, V., 2003, Auditory Alarms in the Airway Facilities Environment, U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, OTE Technical note.
- [2] Hope, C. E. and Morrison, D. R., 1986, Understanding and selecting monitoring equipment in anaesthesia and intensive care, *Canadian Anaesthetists Society Journal*, 33, 670-679.
- [3] McNamara, T. P., (1992), Theories of priming: I. Associative distance and lag, *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 18, 1173-1190.
- [4] McIntyre, J. W. R. and Stanford, L. M., 1985, Ergonomics and anaesthesia: Auditory alarm signals in the operating room, in R. Droh, W. Erdmann and R.Spintge (eds),

- Anaesthesia: innovation in Management* (Springer-Verlay, New York), 81-86.
- [5] Lawrence, D. M. and Banks, W. P., 1973, Accuracy of recognition memory for common sounds. *Bull. Psychon. Soc.* 1, 298-300.
- [6] Leung, Y. K., Smith, S., Parker, S and Martin, R., 1997, Learning and Retention of Auditory Warnings, *International Conference on Auditory Display*, vol. 2001.
- [7] Sanders, M. s., and McCormick, E. J., 1987, *Human Factors in Engineering and Design*, 6th edn (McGraw-Hill, Montreal).
- [8] Sara, C. A. and Wark, H. J., 1986, Disconnection: an appraisal, *Anesthesia and Intensive Care*, 14, 448-452.
- [9] Wiklund, M. E. and Hoffman, L. R., 1988, When electronic devices outnumber flower bouquets in the hospital room, *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting* (Human Factors Society, Anaheim), 430-434.