

## 선박항법기기 화면의 배치에 관한 연구

윤훈용\*<sup>†</sup> · 김경훈

\*동아대학교 산업경영공학과

## A Study of Contents Arrangement in Conning Display

Hoon-Yong Yoon\*<sup>†</sup> · Kyung-Hoon Kim

\*Department of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University

The conning display which is located in the ship bridge shows the various important information such as ship position, ship speed, track data, rate of turn, thruster rpm so on, and is one of the IBSs(Integrated Bridge Systems). In this study, the survey was conducted for ten officers to find the importance and using frequency of the information which were displayed in the conning display. The results showed that the information of drift speed, ship speed, wind direction and wind force, rate of turn, sea water depth, ship position, heading, thrust rpm, alarm, rudder command and angle got high scores and it meant that these information were very important and high frequency of use during the navigation. The optimized contents arrangement in conning display was suggested based on importance and using frequency of information. The experiment using eye-tracking system was conducted to compare the performance time and error rate of nine different scenarios for suggested arrangement display and three other existing displays. The results showed that the suggested arrangement was the best in performance time and error rate. The scenario concerning the direction and speed of wind showed faster performance time and lower error rate than other scenarios. The movement of subject's eye tended to search from the center and to avoid the corner, called 'the corner effect.' It is expected that the results of this study could help for the bridge staff to grasp the sailing information easily and to cope with the given situations promptly.

Keywords : Bridge Conning Display, Error Rate, Performance Time, Optimized Arrangement of Conning Display

### 1. 서 론

선박은 해상을 통하여 수많은 여객을 일시에 수송하거나 대량의 화물을 운송하는 교통수단으로써, 해상이라는 특수성으로 인하여 예기치 않은 기상변화와 더불어 육상으로부터 고립되어 있는 관계로 안전에 위협을 받을 경우 대형사고로 이어지는 만큼 선박항해의 안전성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 이러한 선박의 항행에는 선박, 항행환경 및 항해술의 세요소가 관계하

고 있으며, 이 중 항행환경에 적절히 대응하지 못하게 된다면 조난, 충돌, 좌초 등과 같은 해난 사고로 이어지게 될 것이다. 그러므로 이러한 해난 사고를 예방하면서 선박의 안전 운항을 담보하기 위해서는 운항자의 뛰어난 항해술과 운용술이 필요하다. 이를 보조하기 위한 항법기기의 기능으로는 해상에서의 선박의 위치, 방위, 거리, 선속, 수심 등을 파악하는 장비가 있으며, 이러한 기능들은 항행환경을 파악하는 데에 중요한 요소들이다. 오늘날의 항법기기는 과거에 비해 종류도 훨씬 다

논문접수일 : 2010년 04월 20일    논문수정일 : 2010년 06월 09일    게재확정일 : 2010년 06월 11일

<sup>†</sup> 교신저자 yhyoon@dau.ac.kr

\* 이 논문은 동아대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

양할 뿐만 아니라 그 정확도에 있어서도 과거에 비해 월등히 향상되었으며, 컴퓨터의 발달과 각종 기기들의 요소 기술이 발전하여 선박자동식별장치(Automatic Identification System, AIS), 항해자료기록장치(Voyage Data Recorder, VDR), 전자해도표시 및 정보시스템(Electric Chart Display and Information System, ECDIS), 음향수신장치(Sound Reception System) 등이 도입되어 선박의 운항자동화를 가속화하고 있다. 이 외에도 전자플로팅설비(Electronic Plotting Aid, EPA), 자동추적설비(Automatic Tracking Aid, ATA)가 새로이 도입되어 사용되어지고 있다. 특히, 종합항법장치(Integrated Navigation System, INS 또는 Integrated Bridge System, IBS)라고 불리는 선박운항 시스템은 선박의 운항 자동화를 위하여 모든 항해항법 기기류를 단일 콘솔에 설치하고 컴퓨터가 외부 정보들을 각종 센서로부터 받아들여 분석하면서 항해하는 장비를 말한다[6]. 최신 첨단 항해장치의 활용도는 점차 증가하고 있으며, 선박을 가장 경제적으로 자동운항할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 이러한 IBS의 항법기기 중 하나인 Conning Display는 타각, 프로펠러 회전수, 쓰러스트(Thrust)의 출력 및 방향, 피치의 작동 방식 지시계 등의 정보를 선교에서 선박조종 시 조종타워(Conning tower)에서 판단을 하고 또한 다른 명령 등을 전달하기 위해 설치되는 14~22인치의 모니터로 이루어진 장치이다.

Conning Display는 총톤수 500톤 이상의 모든 선박의 조종장소에 설비를 갖추어야 한다[15]. 하지만 Conning Display는 표준화된 화면이나 규범이 존재하지 않아 제조회사나 업체별로 자체의 기준만을 가지고 설계하므로 객관적인 연구가 이루어지지 않고 있다. 또한 사용 중인 기계에 대한 사용성평가도 이루어져 있지 않고, 이를 다루는 연구도 전무한 상태이다.

항해사는 관제 업무를 수행하기 위한 대부분의 정보를 시각을 통하여 획득한다. 그러므로 항해사의 시선 움직임은 항해사의 전문성을 지각 측면에서 연구하기 위한 좋은 자료가 될 수 있다. Glenstrup은 시선추적 자료 분석 결과 참가자의 경력과 시나리오의 상황에 따라 시선 유형의 차이가 나타남을 발견하였고[11], 이전의 많은 연구에 의하면 시선이 인지 및 초인지 활동에 의해 영향을 받는 것으로 보인다[12, 14]. 따라서 시선추적 자료는 사람의 지각적 특성뿐 아니라 인지적, 초인지적 특성을 파악하는 데에도 도움을 줄 것으로 예상된다.

본 연구에서는 Conning Display에 대하여 설문조사를 통하여 화면에 표시되는 정보의 중요도와 사용빈도를 도출하고, 선교 근무자가 단 시간에 선박의 운항 정보를 쉽게 파악하고 주어진 상황에 신속하게 대처할 수 있도록 선박 항해를 위한 Conning Display의 정보 배치 최적

화를 수행하였다. 또한 결과로 도출된 최적화된 Conning Display화면과 기존에 사용 중인 타사 제품들의 화면을 시선추적장비(Eye-Tracking)를 사용하여 실험을 통하여 오류율을 비교하고 피실험자가 Conning Display화면을 관찰할 때의 시선의 움직임에 대하여 검토하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 정보의 중요도와 사용빈도 조사

Bridge에서 항해사가 필요로하는 정보의 종류는 대양 항해, 연안항해, 협수로항해 및 접·이안작업 등의 항해 모드에 따라 조금씩 차이가 있겠으나 크게 나누어 시각 정보와 청각정보로 구성된다. 항해사는 이러한 정보를 이용하여 현재의 자선상황을 파악하고 주변의 환경과 교통흐름에 따라 위험여부를 판단하면서 안전하고 경제적인 방법으로 선박을 운행하여야 한다. 선박의 운항에 필요한 정보가 많을수록 이들을 파악하는데 시간이 걸

<표 1> Conning display 화면정보의 중요도와 빈도

Conning Display에 표시되는 정보	중요도	사용빈도
Alarm	5	3
Drift Speed(Forward and After, Port and Starboard)	3.8	3.8
Hazard of Navigation Route	2	2
Heading	4.8	3.6
Hydrometer(Flow Velocity)	2.2	2.6
Main Engine RPM	3.4	3
Main Engine Telegraph	3	2.8
Next Way-point Distance, Time etc.	3.4	3.8
Off Track	2	2
Rate of Turn	5	4.6
Rolling Gauge	2	2.2
Rudder Command and Rudder Angle	5	4.6
Sea Water Depth	4.6	4.8
Ship Draft	2.6	3.8
Ship Position	4.6	4.6
Ship Speed	5	4.8
Thruster RPM	2.8	2.2
Time(Local and UTC)	2.2	3.6
Track Data	2.2	2
Wind Direction and Wind Force	4.2	4

릴 것이며 또한 올바른 행동을 위한 판단에서도 항해사의 작업부담은 더하게 될 것이다. 따라서 Conning Display는 중요도의 순서에 따라 정보를 분류하고 이를 가능하면 쉽고 빠르면서 또한 정보 인식의 오해가 생기지 않도록 모든 정보를 항해사에게 전달하여야 한다. 이를 위하여 Conning Display에서 표시되는 정보에 대한 중요도와 사용빈도를 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 3급 이상의 해기사 면허를 소지한 항해사 10명(평균 42.9 ± 3.3세)을 대상으로 실시되었다.

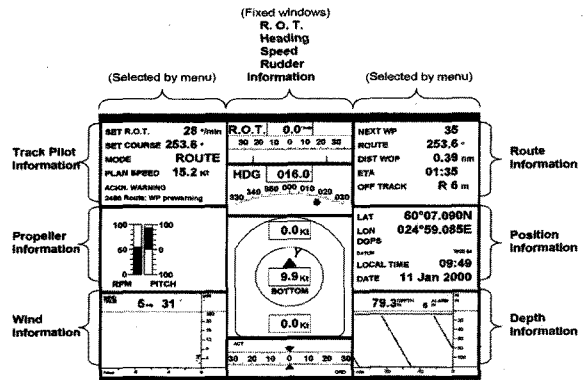
설문은 E-mail 및 직접 면접을 통해 이루어졌으며, 설문내용은 선박운항과 관련하여 Conning Display에 표시되는 정보20가지에 대한 중요도와 사용빈도를 5점 척도로 중요도와 빈도가 높은 것을 각 5점, 낮은 것은 0점을 기준으로 표시하고, 무작위 나열을 통한 표시정보의 상대적 서열을 표시하도록 하였다. 설문조사의 결과는 <표 1>과 같다. <표 1>의 점수를 바탕으로 화면구성이나 표시정보의 형태는 다르지만 선박의 항해를 위하여 반드시 필요하다고 생각되는 선속 및 선체 회두방향(Drift Speed), 속도 지시기(Ship Speed), 풍향 및 풍속지시기(Wind Direction and Wind Force), 선회율(Rate of Turn), 수심지시기(Sea Water Depth), 선박 위치(Ship Position), 선수각(Heading), 추진기 RPM(Thrust RPM), 방향타 지시 및 각도(Rudder Command and Angle), 알람(Alarm) 등을 포함하는 항해 정보를 기본적인 화면에 배치하고자 하였다.

2.2 화면배치의 최적화

일반적인 Conning Display의 화면구성은 <그림 1>과 같다. 각 정보의 위치는 Display 제조사 및 선박에 따라 조금씩 다르지만, 항해 경로에 대한 정보와 풍속 및 수심에 대한 정보, 현재 선박의 위치 및 프로펠러에 대한 정보등을 포함하고 있다.

시각 정보 전달의 효율성을 높이기 위해 사용되는 방법으로는 정보의 배치, 그룹화, Color coding등이 있다. 또한 탐색하고자 하는 표적의 수, 배치유사성이 탐색 시간에 영향을 미치기도 하고, 사용자의 시스템에 대한 숙련도가 매우 큰 비중을 갖기도 한다[1]. 화면상의 시각 탐색은 색상이나 깜빡임 등의 매력요소의 영향이 매우 크지만, 이를 단순화시켜 지역적인 배치에 따른 패턴을 살펴보면 체계적인 피실험자의 경우 출력정보에 따라 글자(Text)정보일 경우 좌측상단에서 탐색을 시작하는 경향을 보이고[10], 그림(Graphic)정보일 경우 화면 중앙이 가장 먼저 탐색된다[13]. 선행연구에 의해 시각 정보 전달의 효율성을 극대화하고자 Conning Display 화면에 표시되는 정보들을 설문조사의 결과에 따라 Ship Speed와 Rudder Angle을 화면의 가운데 두고 전체 주어진 탐색 공간 내에서 제약식을 만족하는 해를 찾아가는

방법을 사용하였다. 중요도와 사용빈도를 고려하여 가중치를 LINGO 8.0 Glover Solver프로그램을 이용하여 화면의 배치를 수행하였다.



<그림 1> 일반적 Conning Display Layout

본 실험에서 사용되는 기호 및 변수들은 다음과 같다.

Index

- $i$  : 정보 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
- $j$  : 정보 ( $j = 1, 2, \dots, m$ )
- $o_x$  : 기준위치의  $x$ 좌표
- $o_y$  : 기준위치의  $y$ 좌표

Decision Variables

- $d_{oi}$  : 기준위치에서 정보  $i$ 의 중심위치까지의 직선 거리
- $xl_i$  : 정보  $i$ 의 좌측 하단의  $x$ 좌표 값
- $yl_i$  : 정보  $i$ 의 좌측 하단의  $y$ 좌표 값
- $xr_i$  : 정보  $i$ 의 우측 상단의  $x$ 좌표 값
- $yr_i$  : 정보  $i$ 의 우측 상단의  $y$ 좌표 값
- $wc_i$  : 정보  $i$ 의 중심위치에 대한  $x$ 좌표 값
- $vc_i$  : 정보  $i$ 의 중심위치에 대한  $y$ 좌표 값

Constants

- $w_i$  : 정보  $i$ 의 가로 거리
- $v_i$  : 정보  $i$ 의 세로 거리
- $k_i$  : 정보  $i$ 의 중요도 점수
- $bn_x$  : 화면의 가로 길이
- $bn_y$  : 화면의 세로 길이

목적함수

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n k_i \cdot d_{oi} \tag{1}$$

위 목적함수는 각 정보의 중요도를 고려하여 기준위

치에서 각 정보의 중심위치까지 거리를 최소화하기 위한 식이다.

$$d_{oi} = \sqrt{(o_x - wc_x)^2 + (o_y - vc_y)^2}, \quad \forall i \quad (2)$$

위 제약식은 기준위치에서 각 정보의 중심위치까지의 직선 거리를 구하기 위한 식이다.

$$wc_i - xl_i = \frac{w_i}{2}, \quad \forall i \quad (3)$$

$$vc_i - yl_i = \frac{v_i}{2}, \quad \forall i \quad (4)$$

$$xr_i - xl_i = w_i, \quad \forall i \quad (5)$$

$$yr_i - yl_i = v_i, \quad \forall i \quad (6)$$

위 식들은 각 정보별 중심위치에서의 (x, y)좌표를 구하기 위한 식이다.

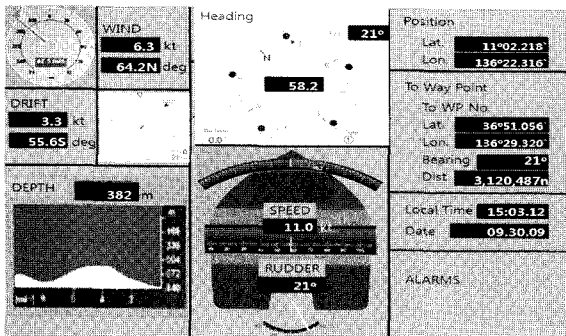
$$(xr_i - xl_j) \times (yr_j - yl_i) \times (xl_i - xr_j) \times (yr_i - yl_j) > 0, \quad \forall i, j \quad (i \neq j) \quad (7)$$

위 식은 정보들 간의 중복의 허용하지 않기 위한 제약식이다.

$$xr_i \leq bn_x, \quad \forall i \quad (8)$$

$$yr_i \leq bn_y, \quad \forall i \quad (9)$$

위 식은 화면의 가로 및 세로의 한계를 벗어나서 배치되지 않음을 보증하는 제약식이다. 이를 통하여 표시되는 정보의 영역을 나누어 최적화를 수행하였다. <그림 2>는 결과로 제시된 Conning Display의 화면 최종안이다.



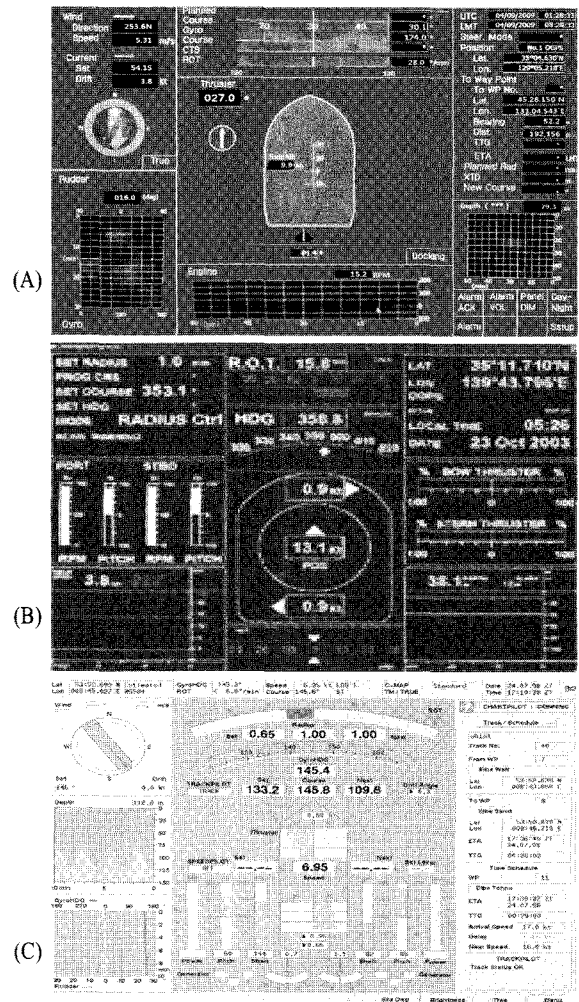
<그림 2> 최적화를 통한 Conning Display 화면

제시된 화면에서 중요도와 사용빈도에 따라 Ship Speed와 Rudder Command and Angle이 가운데, Wind Direction and Wind Force가 좌측상단, Rate Of Turn과 Heading이

중앙상단, Ship Position이 우측상단, Drift Speed가 우측, Sea Water Depth가 좌측하단, 시간 및 일시, 알람이 우측하단에 배치되었다.

### 2.3 수행시간 및 오류율 실험

본 실험에서는 현재 사용되고 있는 각 제조사별 Conning Display 화면과 화면 재배치를 통한 개선안의 비교를 위하여 시선추적장비를 이용하여 시선의 움직임과 인식률을 측정하였고, 피실험자들의 수행(반응)시간과 자극에 대한 오류율을 측정하였다. <그림 3>은 실험에 사용된 제조사별 Conning Display 화면이다. 제조사 모두 Wind Direction and Wind Force가 좌측상단, Rate of Turn은 상단, Ships Position은 우측상단에 각각 위치하였는데 (A)사는 Rudder Command and Rudder Angle이 좌측하단에 배치되고 Ships Speed는 하단에 위치한 것이 특징적이다. (B)사의 경우 Sea Water Depth가 좌측하단에 Wind Direction and Wind Force가 우측하단에 표시되



<그림 3> 제조사별 Conning Display 화면

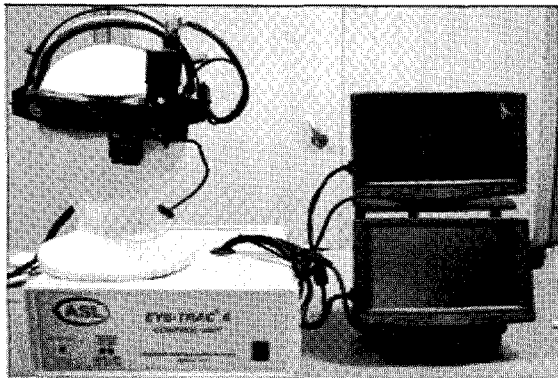
었다. (C)사는 표시된 정보들이 상단에 숫자로 중복표기가 된 것이 특징이다.

2.3.1 피실험자

본 실험에는 시력과 안구의 움직임에 이상이 없는 남자 대학생(평균 25.2세) 10명이 참여하였다. 실험에 앞서 Conning Display화면에 표시되는 정보들에 대한 사전교육을 2시간동안 실시하고 실험절차를 충분히 숙지를 하도록 하여 실험을 실시하였다. 안구운동을 측정하는 실험장비의 특성상 안경 렌즈의 반사로 인한 안구운동의 측정에 방해가 되는 것을 방지하기 위하여 안경을 착용하지 않는 피실험자를 선택하여 실험에 임하도록 하였다.

2.3.2 실험 장비

본 연구에서는 ASL(Applied Science Laboratories)사의 Head mounted optics타입의 시선추적장비인 Eye-Trac<sup>®</sup>6을 이용하여 모니터에 나타난 화면을 응시하고 있는 피험자의 눈동자의 움직임을 측정하였다. 장비의 상단에 고정되어 있는 Usb카메라를 통해 반사된 눈의 움직임을 연속 영상으로 받아 들였다.



<그림 4> ASL사의 Eye-Trac<sup>®</sup>6

2.3.3 실험 절차

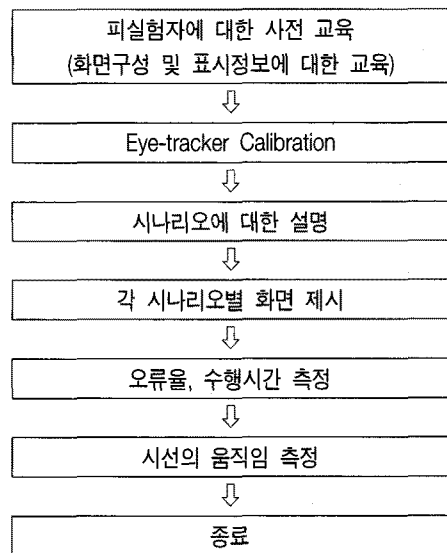
실험 자극으로는 <그림 2>와 <그림 3>에 보여진 것과 같이 Conning display의 화면을 촬영한 사진을 피험자들에게 제시하였다. 운항 상황은 영근해로부터 국외로 접근하는 상황의 9가지의 시나리오를 구성하였고 각 시나리오에서 찾기가 요구되는 정보는 <표 2>와 같다.

화면에 대하여 색상이나 깜빡임 등의 영향을 줄이기 위해 4가지 모두 흑백화면으로 제시되었다. 시야(FOV)범위내에 탐색영역을 두기위하여 피실험자들에게 모니터와 약 85cm의 거리를 유지하도록 통제하였으며, 자유롭게 화면상에서 특정정보를 찾는 업무를 수행하였다. 피실험자들에게는 사전에 항해사의 업무와 Conning Dis-

play의 사용법, 일반적인 Conning Display화면의 구성에 대하여 교육을 실시하였으며, 실험을 행하기전 각 실험자별로 시선추적장비를 조정(Calibration)하였다. 피실험자들에게는 각 시나리오에서 요구하는 정보를 설명한 후 파워포인트 슬라이드 화면으로 제작된 시나리오 사진을 20인치 LCD모니터로 제시한 후 요구하는 정보를 찾는 업무를 수행하게 하여 정보를 찾았을 때의 수행시간과 정보를 찾는 오류율을 측정하였다. 본 실험의 절차는 <그림 5>와 같다.

<표 2> 시나리오에서 요구되는 정보

소스	정보
시나리오 1	Rudder Command and Rudder Angle
시나리오 2	Rate of Turn
시나리오 3	Main Engine RPM
시나리오 4	Ship Speed
시나리오 5	Sea Water Depth
시나리오 6	Heading
시나리오 7	Wind Force/WIND Direction
시나리오 8	Ship Position
시나리오 9	Ship Draft



<그림 5> 실험 절차

3. 연구 결과

3.1 수행시간과 오류율

각 시나리오별 수행시간과 오류율을 살펴보기 위하여

Minitab 15를 사용하여 분석을 실시하였다.

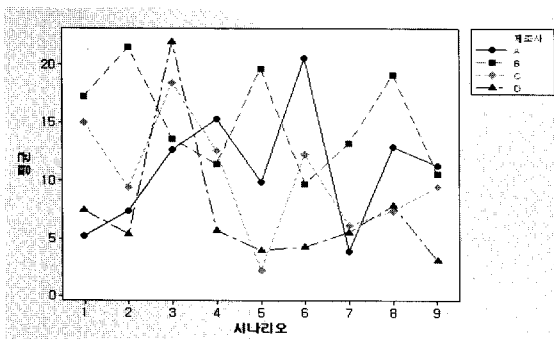
제조사와 시나리오에 따른 수행시간에 대한 분산분석 결과는 <표 3>과 같다. 제조사와 시나리오에 대한 주효과뿐만 아니라 교호작용도 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

<표 3> 수행시간에 대한 ANOVA분석

소스	SS	DF	MS	F	Pr>F
제조사	2947.32	3	982.44	12.362	0.000*
시나리오	2523.269	8	315.40	3.968	0.000*
제조사 × 시나리오	8334.519	24	347.27	4.369	0.000*
오차	22887.68	324	79.471		
합계	36692.79	359			

주) \*;  $p < 0.05$ .

<그림 6>은 수행시간에 대한 제조사와 시나리오간의 교호작용을 나타내는 그래프이다. 제조사(B)가 평균 수행시간이 15.72초로 가장 느리게 나타났고, 제안된 화면(D)의 수행시간이 7.24초로 가장 빠른 것으로 나타났다. Main Engine RPM(3)에 관한 시나리오에서 수행 시간이 길게 나온 것은 제안된 화면(D)과 제조사(C)의 화면에서는 Main Engine RPM에 관한 정보가 표시되지 않고, 제조사(A), (B)에서는 정보가 불분명하게 표시되어 수행 시간이 많이 소요된 것으로 보인다. 또한, Heading(6)에 관한 시나리오에서 제조사(A)의 수행시간이 많이 소요된 것은 Heading에 관한 정보가 표시되지 않는 점에 기인하는 것으로 생각된다.



<그림 6> 수행시간에 대한 제조사와 시나리오간의 교호작용

제조사와 시나리오에 따른 오류율에 대한 분산분석 결과는 <표 4>와 같다. 제조사와 시나리오에 대한 주효과뿐만 아니라 교호작용도 모두 유의한 것으로 나타났다.

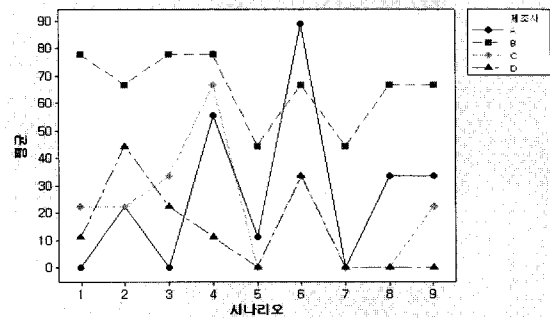
<그림 7>은 오류율에 대한 제조사와 시나리오간의 교호작용 그래프이다. 제조사(B)가 오류율이 65.43%로 가

장 높게 나타났고, 제안된 화면이 오류율이 13.58%로 가장 낮은 것으로 나타났다. Rate of Turn(2)과 Heading(6)에 관한 시나리오에서 제안된 제조사(D)의 오류율이 조금 높게 나타났는데 이는 피실험자들이 Rate of Turn 정보와 Heading 정보를 구분하는데 어려움을 느껴 서로 혼돈한 것으로 생각된다. 또한, Heading(6)에 관한 시나리오가 전체적으로 오류율이 높게 나타났는데 이는 Heading에 관한 정보는 화면에 중요한 정보임에도 불구하고 불분명하게 표현되거나 정보가 화면에 표시되지 않아 오류율이 높게 나타난 것으로 생각된다.

<표 4> 오류율에 대한 ANOVA 분석

소스	SS	DF	MS	F	Pr>F
제조사	12.765	3	4.255	27.30	0.000*
시나리오	6.728	8	0.841	5.396	0.000*
제조사 × 시나리오	6.234	24	0.259	1.666	0.000*
오차	44.88	324	0.155		
합계	70.62	359			

주) \*;  $p < 0.05$ .

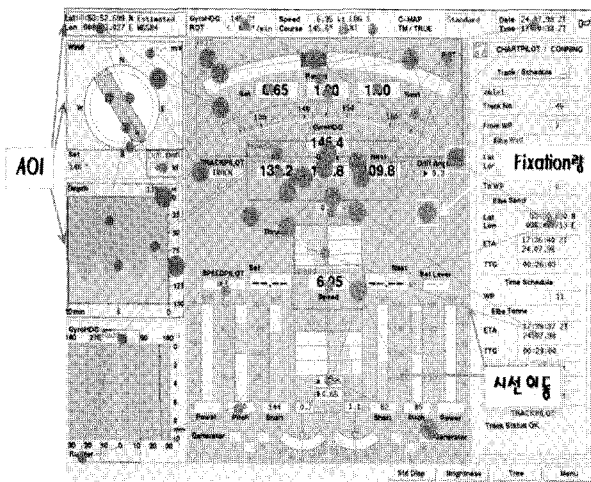


<그림 7> 오류율에 대한 제조사와 시나리오간의 교호작용

### 3.2 시선의 움직임

일반적인 시각 탐색은 주로 현란한 색상이나 깜빡임 등의 요소의 영향이 매우 크다고 알려져 있다. 하지만 이를 단순화 시켜서 지역적인 배치에 따른 시각 탐색 패턴을 살펴보면 체계적인 피실험자의 경우 좌측상단에서 탐색을 시작하는 경향을 보인다고 보고된바 있으며 이는 독서의 안구이동이 시각 탐색을 주도하는 정신모형에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 한편으론 시각 탐색시 시각작업의 중심영역에만 집중하며 디스플레이의 모서리를 피하는 경향을 나타내기도 하는데 이와 같은 현상을 ‘모서리 효과’라고 한다[1]. 또한 출력정보의 형태에 따라 글자의 경우 좌측상단부터, 그림일 경우

화면중앙부터 탐색이 시작된다고 알려져 있다[10, 13]. Conning Display의 화면을 추적하는데 지각적 특성뿐 아니라 인지적, 초인지적 특성을 파악하고자 시나리오에 대하여 피실험자들의 시선움직임을 분석하였다. 각 화면에 정보를 표시하는 영역을 AOI(관심영역 : Areas Of Interest)로 설정하고 AOI에 Fixations(응시시간)을 계산한 후 이를 화면에 표시하여 분석하였다. 그 결과 Parasuraman의 연구의 효과(모서리 효과)와 마찬가지로 대부분의 피실험자들은 화면의 중앙부부터 탐색하는 경향을 보였으며, 디스플레이의 모서리를 피하는 형태도 나타났다. Conning Display 화면에 표시되는 정보의 AOI(관심영역: Areas Of Interest)와 계산된 Fixations의 2D Plots의 결과를 시나리오 화면에 표시하면 <그림 8>와 같다. AOI는 정보에 붉은색 상자로 표시되고 Fixations량은 파란색 큰 점으로 나타냈으며, 시선의 이동은 파란색 실선으로 나타내었다. 화면의 중앙에 Fixation량이 많이 몰려 있는 것을 볼 수 있다.



<그림 8> Conning Display 화면에서의 AOI와 2D Plot의 예

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 선박 Conning Display에 대하여 설문조사를 실시하여 기기화면에 표시되는 각 정보의 중요도와 사용빈도를 측정하여 Conning Display 화면의 배치 최적화를 수행하였다. 설문 결과 선속 및 선체 회두방향(Drift Speed), 속도 지시기(Ship Speed), 풍향 및 풍속 지시기(Wind Direction and Wind Force), 선회율(Rate of Turn), 수심지시기(Sea Water Depth), 선박 위치(Ship Position), 선수각(Heading), 추진기 RPM(Thrust Rpm), 방향타 지시 및 각도(Rudder Command and Angle), 알람(Alarm) 등의 점수가 높게 나왔으며, 이러한 정보를 바

탕으로 화면중앙에 속도계(Ship Speed)를 배치하고 나머지 부터는 좌측상단에 다음 정보를 배열하도록 Lindo를 이용하여 화면의 배치를 수행하였다. 또한 시선추적장비를 사용하여 제조사별 Conning Display 화면과 제안된 Conning Display 화면의 시나리오별 정보탐색 수행시간과 오류율을 비교하는 실험을 실행하였다. 실험 결과 수행도와 오류율에서 유의한 차이가 있었고 제안된 화면이 기존의 제조사들 화면보다 수행시간이 더 짧고 오류율이 더 낮은 것을 알 수 있었다. 오류율이 높게 나타난 제조사(B)는 숫자로 표시되는 위치가 불분명하고 쉽게 인식할 수 없는 것에 의해 기인된다. 중요도와 사용빈도에 대한 9개 시나리오에서는 풍향/풍속에 관한 시나리오가 수행시간이 가장 짧고 오류율이 가장 낮은 것으로 나타났는데 이는 화면상 위치가 좌측 상단에 위치함과 더불어 정보가 명확하게 표현됨으로써 피실험자들이 쉽게 탐색한 것으로 생각된다. 피실험자들의 시선의 움직임에서는 이전 연구와 마찬가지로 화면의 중앙에서부터 탐색하는 경향을 나타냈으며 모서리효과도 나타났다

이러한 분석 결과를 통하여 선교 근무자가 단 시간에 선박의 운항 정보를 쉽게 파악하고 신속하게 상황 대처할 수 있도록 하는 선박 항해를 위한 Conning Display의 화면을 제안하였고, 타 제조사의 화면배치와 수행도 비교 실험을 통하여 제안된 Conning Display의 화면이 작업자의 수행도를 향상시키며, 판독실수(오류율)도 낮음을 알 수 있었다.

본 연구는 선박기기 화면의 기초연구자료로 활용될 것으로 생각되며, 향후 연구에서는 색상과 폰트, 입체적 요소를 고려한 Conning Display 화면에 대한 연구도 필요할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 김범식 등; “시선이동을 고려한 VDU 화면 설계에 관한 연구”, 대한산업공학회 논문집, 1998.
- [2] 선급 및 강선규칙, 한국선급(KR), 2009.
- [3] 이길종; “전자해도 기반의 항해정보 표시시스템 설계 및 구현”, 박사학위논문, 한국해양대학교 전자통신공학과, 2005.
- [4] 양영훈; “인간공학적 Bridge Conning Display 설계에 관한 연구”, 석사학위논문, 충남대학교 선박해양공학과, 2006.
- [5] 인간공학적 선박안전설계 일반지침, 한국조선협회, 2008.
- [6] 이덕수; “自動化船舶 船橋 레이아웃의 人間工學的 設計에 관한 研究”, 박사학위논문, 부경대학교, 1997.
- [7] Andrew T. Duchowski; Eye Tracking Methodology, Sp-

- ringer, 2003.
- [8] Ergonomic Design of Navigation Bridges, ABS, 2003.
- [9] Guidelines on Ergonomic Criteria for Bridge Equipment and Layout, IMO (MSC/Circ. 982), 2000.
- [10] Megaw, E. D. and Richardson, J.; "Eye Movements and Industrial Inspection," *Applied Ergonomics*, 10 : 145-154, 1979.
- [11] Glenstrup, A. J.; "Eye controlled media:present and future state. Unpublished bachelor," *University of Copenhagen*, Denmark, 1995.
- [12] Groner, R. and Groner M. T.; "Towards a hypothetical-co-deductive theory of cognitive activity," In R. Groner and P. Fraise (Eds.) *Cognition and eye movements*. Amsterdam : Elsevier-North Holland, 1982.
- [13] Parasuraman, R.; "Vigilance, monitoring and search, Handbook of perception and human performance," New York : Wiley, 1986.
- [14] Senders, J. W.; "A reanalysis of the pilot eye-movement data," *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, 7 : 103-106, 1966.
- [15] SOLAS 2000 Amendment Chapter V Regulation.