JKSCI

한국컴퓨터정보학회논문지
Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 24 No. 12, pp. 75-84, December 2019
https://doi.org/10.9708/jksci.2019.24.12.075

Multi Function Console display configuration and HCI design to improve Naval Combat System operability

Dae-Young Park*, Dong-Han Jung*, Moon-Seok Yang*

*Engineer, Naval R&D Center, Hanwha Systems, Gumi, Korea
*Senior Engineer, Naval R&D Center, Hanwha Systems, Gumi, Korea
*Chief Engineer, Naval R&D Center, Hanwha Systems, Gumi, Korea

[Abstract]

The Naval Combat System has several equipment needed to operate the system, such as radar equipment, underwater sensor equipment, guns and missile control and armed control equipment, and a multi function console is configured to control it. The multi function console is equipped with HCI(Human Computer Interaction)-based software for displaying the status information of equipment and controlling equipment, and the operator uses the installed software to operate the Naval Combat System. However, when operating a Naval Combat System for a long time, there are problems such as physical discomfort caused by the structure of the multi function console display and increase in fatigue of the person who operates various and complicated user interface configuration. These issues are important factors in reducing Naval Combat System operability. In order to solve these issues, in this paper, based on a questionnaire survey conducted for Naval Combat System development personnel, multi function console screen design to reduce physical discomfort and HCI design to reduce fatigue and increase intuition are proposed. The proposed design is expected to provide convenience to future Naval Combat System operators and improve operation over existing Naval Combat System.

▸ **Key words**: Naval Combat System, Multi Function Console, Human Computer Interaction

[요 약]

함정 전투체계에는 레이더 장비, 수중센서 장비, 함포 및 미사일 제어용 무장통제 장비들과 같이 체계를 운용하기 위해 필요한 여러 장비들과 이를 통제하기 위한 다기능콘솔이 구성되어 있다. 다기능콘솔에는 장비들의 상태정보 전시 및 장비들을 통제하기 위한 HCI 기반의 소프트웨어가 탑재되어 있고, 운용자는 탑재된 소프트웨어를 활용하여 함정 전투체계를 운용한다. 하지만 함정 전투체계를 장시간 운용함에 있어 다기능콘솔 전시기의 구조로 인한 신체적 불편함, 다양하고 복잡한 HCI 구성으로 인한 운용자의 피로도 증가 등 문제점들이 발생하고 있다. 이러한 문제점들은 함정 전투체계 운용성을 저하시키는 중요한 요인이 된다. 이를 해결하기 위해, 본 논문에서는 함정 전투체계 개발자들을 대상으로 한 설문조사를 바탕으로 신체적 불편함을 줄일 수 있는 다기능콘솔 전시기 구조 설계와 운용자의 피로도를 줄일 수 있는 직관적인 HCI 설계 방안을 제안한다. 이로 인해, 향후 함정 전투체계 운용자들에게 편의성을 제공하여 기존 함정 전투체계보다 운용성을 향상 시킬 수 있는 장점을 가진다.

▸ **주제어**: 함정 전투체계, 다기능 콘솔, 인간-컴퓨터 상호작용

• First Author: Dae-Young Park, Corresponding Author: Dae-Young Park
*Dae-Young Park (sabzilmania@naver.com), Naval R&D Center, Hanwha Systems
*Dong-Han Jung (konho42@naver.com), Naval R&D Center, Hanwha Systems
*Moon-Seok Yang (moonseok.yang@hanwha.com), Naval R&D Center, Hanwha Systems
• Received: 2019. 08. 01, Revised: 2019. 11. 30, Accepted: 2019. 12. 02.

Copyright © 2019 The Korea Society of Computer and Information
http://www.ksci.re.kr pISSN:1598-849X | eISSN:2383-9945

I. Introduction

함정 전투체계는 다양한 센서 장비, 무장 장비를 통제하는 연동단, 정보들을 수집하거나 분석 처리하는 정보처리, 장비 상태정보 전시 및 장비를 통제 할 수 있는 HCI(Human Computer Interaction)를 제공하는 다기능콘솔 전시기로 구성되어 있다[1]. 그 중 다기능콘솔 전시기는 운용자들이 가장 근접하게 사용하는 장비로 제공된 기능들을 사용하여 함정 및 주변 상황의 동향을 파악할 수 있다. 또한, 함정에 탑재된 다양한 센서, 무장의 상태정보 전시 및 장비에게 통제명령을 전송할 수 있는 HCI를 사용할 수 있어 함정 전투체계에서 가장 중요한 기능을 담당하고 있다. 하지만 함정 전투체계를 장시간 운용함에 있어 다기능콘솔의 구조로 인한 신체적 부담감, 다양하고 복잡한 HCI 구성으로 인한 운용자의 피로도 증가 등 문제점들이 발생하고 있다. 이러한 문제점들은 함정 전투체계 운용성을 저하시키는 중요한 요인이 된다. 대부분 국내에서 운용하고 있는 수상함 혹은 잠수함에서는 상, 하단 2개의 전시기로 구성된 다기능콘솔로 체계를 운용하고 있다. 하지만 세계 유수의 함정 전투체계 개발업체들은 고객들의 니즈와 자체 기술력을 접합시켜 다양한 형태의 다기능콘솔을 만들어 내고 있다. 예를 들어 미국 해군의 신형 전투함에 사용될 록히드마틴 사의 COMBATSS-21 모델은 4개의 전시기로 구성된 콘솔들로 체계를 운용한다[2]. 그리고 태국 해군의 호위함에서 사용하는 전투체계인 Saab 사, 9LV Mk4 모델은 1개의 전시기로 구성된 콘솔로 체계를 운용한다. 이처럼 다기능콘솔의 구조는 역할과 용도에 따라 유연하게 변해왔다. 하지만 국내 함정 전투체계의 다기능콘솔은 안정성, 기능, 생존성 등 기본적인 요소들에 초점이 맞추어져서 있어 운용자 환경에 따라 유연하게 변화하지 못하고 있다. 함정 전투체계는 일반 선박과 달리 운용자의 작은 조작 실수가 큰 사고로 이어 질 수 있다. 이를 위해 인체공학적 다기능콘솔의 설계가 필요하다.

이에 본 논문에서는 전투체계 개발자들을 대상으로 전투체계 콘솔의 형상 및 소프트웨어 화면구성에 대한 선호도를 설문 형식으로 조사하고, 그 결과를 제시한다. 이 결과를 통해 운용자의 신체적 부담을 경감시킬 수 있는 다기능콘솔 전시기의 구조를 설계하였다. 또한 운용자의 운용성을 고도화시킬 수 있는 직관적인 HCI 설계 규칙을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 전투체계의 다기능콘솔 전시기 구조 및 소프트웨어 화면 구성에 대해서 설명하였다. 3장에서는 숙련된 전투체계 개발자의 요구조건을 바탕으로 개선된 다기능콘솔 구조와 HCI 구성에 대해서 설계하였다. 또한, HCI 이론에 기반을 둔 평가 요소로 만족도 조사를 실시하여 본 논문에서 제시한 설계에 대한 장점을 입증하였다.

II. Preliminaries

1. Configuration of Multi Function Console Display of Existing Naval Combat System

함정 전투체계는 일반적인 항해와 관련된 정보뿐만 아니라 무장 장비, 센서 장비, 외부 함정 및 육상 시설과의 통신을 이용하여 다양한 정보를 취급한다. 이러한 정보는 다기능콘솔의 전시기를 통해 운용자에게 제공하게 된다. 기존 함정 전투체계에서는 Fig. 1.과 같은 형태로 전시기가 상, 하단에 배치된 구성의 다기능콘솔을 사용하고 있다.

MFC(Surface) MFC(Submarine)

Fig. 1. Naval Combat System Multi Function Console Mockup Image

다기능콘솔 전시기에 전시되는 화면 구성 형태는 주 전시화면과 보조 전시화면으로 구분할 수 있다. 주 전시화면에서는 전자해도를 바탕으로 탐색 및 추적용 레이더나 수중 센서 등을 통해 수집된 개체정보(일반 선박, 함정, 항공기, 잠수함 등)들을 식별하고 분석하여 전시하는 기능을 제공한다. 개체정보는 한국군 군대부호 표준인 MND-STD-2525C 규격에 따라 부호화하여 화면상에 전시한다[3]. 또한 사격 및 통제구역 등을 설정하고 도식화 하여 전시하며, 작전과 훈련을 위한 항해경로를 계획하고 타 함정과 공유한다. 보조 전시화면에서는 전투체계를 통제하기 위한 기능을 제공한다. 함에 탑재된 무장들을 운용할 수 있는 무장 통제 운용 윈도우, 센서들의 통제 운용 윈도우, 함정 정보 및 체계 상태를 파악할 수 있게 지원하는 운용 윈도우들이 전시된다. 수치화된 정보들이 주로 텍스트 형태로 전시되며 함정에 탑재된 장비들에 따라 그 구성이 조금씩 달라진다.

1.1 Multi Function Console 2 Display Configuration

현재 대부분의 국내 함정 전투체계 다기능콘솔은 2개의 전시기를 상, 하단에 배치된 형태로 사용하고 있다. 이는 과거 작전통제실의 협소한 공간적 제약에 의해 좌, 우 형태가 아닌 상, 하 형태로 구성하였다. 이후 개발된 전투체

계의 다기능콘솔에서도 이 형태가 별다른 변화 없이 계속 유지되었다. Fig. 2.는 다기능콘솔 2화면 전시기의 주 전시화면과 보조전시화면의 배치 형태이다.

Fig. 2. MFC 2 Display Configuration – Main Display and Secondary Display

2화면은 소프트웨어 화면의 구성이 하단에는 주 전시화면이 전시되고, 상단에는 보조 전시화면이 전시된다. 하단 전시기를 통해 도식화된 정보로 함정 인근의 상황을 파악하고, 상단에서 상세 정보, 장비 통제, 함정 상태정보를 확인하는 형태로 운용한다. 이러한 2화면 전시기 구성은 오랜 시간 사용된 구성이기 때문에 경험을 통한 운용상의 익숙함이라는 장점을 가지고 있다.

하지만 상단 전시기의 보조 전시화면 영역은 한계가 있어서 다양한 센서와 무장들의 정보를 모두 펼쳐 놓고 확인하기 어렵다. 각 센서 및 무장 별 운용 화면들의 중요도 혹은 운용수가 맡은 임무에 따라 일부 화면은 숨겨지거나 가려져야 하는 단점이 있다. 또한 예상치 못한 상황에 전시기 중 1개가 고장이 발생할 경우, 이 구성으로는 주 전시화면 혹은 보조 전시화면 항목 중 1개만 운용하게 되어 제대로 된 운용이 어렵다.

1.2 Multi Function Console 3 Display Configuration

3화면 전시기는 하나의 전시기에 주 전시화면을 전시하고, 나머지 2개의 전시기에 보조 전시화면을 전시한다(Fig. 3.). 주로 가운데 주 전시화면을 전시하고 나머지 2개 화면에 보조 전시화면을 전시하지만, 운용자의 성향에 따라 변경도 가능하다.

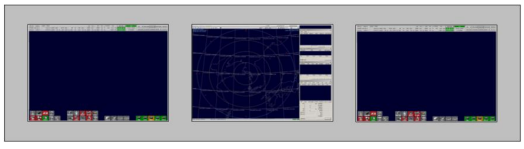

Fig. 3. MFC 3 Display Configuration – Main Display and Secondary Display

보조 전시화면이 2화면 구성에 비해 1개가 더 추가됨에 따라 숨겨지거나, 가려져야 하는 운용 윈도우들이 훨씬 줄어들게 된다. 그리고 독립 콘솔로 운용해야 했던 특정 장비(사격통제 콘솔, 유도탄 운용 콘솔 등) 들의 기능을 다기능콘솔로 포함시킬 수 있어 활용 범위가 더욱 넓어지는 장점이 있다. 그리고 3화면 구성일 경우 1개가 고장이 날 경우 나머지 2개의 전시기로 주 전시화면, 보조 전시화면으로 구성 변경을 하여 무리 없이 체계를 계속 운용할 수 있다는 점도 장점으로 들 수 있다.

3화면 전시기 구성은 운용자에게 다양한 형태의 구성을 할 수 있는 자유도를 제공할 수 있다. 주 전시화면 1개와 보조 전시화면 2개를 3화면상에 자유롭게 배치하거나, 주 전시화면 1개와 보조 전시화면 1개, 나머지 하나의 전시기에는 운용자가 원하는 화면을 복제하여 전시를 할 수도 있다. 하지만 이러한 자유도로 인해 운용자마다 전시기의 배치가 달라져 일관성이 떨어지는 단점이 있다.

III. The Proposed Scheme

1. Survey to improve operability

운용성을 높이는 함정 전투체계를 개발하기 위해서는 기능적인 요구사항을 만족하면서도 기존 전투체계의 단점을 파악하여 이를 보완하여야 한다. 이에 수년간 함정 전투체계 개발에 참여하여 해군과 함께 전시기 관련 요구사항과 소프트웨어 화면 개발에 관련된 중점 요청사항 등을 접해본 개발인원 48명을 대상으로 운용성 향상을 위한 전시기 구성 및 HCI 구성안과 관련된 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사는 전시기 구성과 관련 내용, 함정 전투체계라는 특수한 상황에 따른 화면 운용과 관련된 내용 등에 대해 중점을 두고 설문 내용을 작성하였다. 설문에 참여한 인원의 나이는 평균 35.7세로, 20대 10명, 30대 25명, 40대 이상이 13명이었다. 함정 전투체계 개발 관련 근무 경력은 평균 7.6년 이었으며 5년 미만 16명, 5~10년 미만이 14명, 10 ~ 15년 미만이 10명, 15년 이상이 7명이었으며, 1명당 평균 4.6개의 전투체계 개발 사업에 참여하였다.

운용성 향상을 위한 전시기 구성과 관련된 선호도 조사 결과는 Table 1.과 같다.

함정 전투체계 전시기 구성과 관련된 설문에서 공간적 제약이 없다는 가정 하에 운용성을 높일 수 있는 적합한 전시기의 개수에 대하여 조사한 결과 응답자의 50%가 3개의 전시기를 선택하였고, 41.7%가 2개 전시기, 8.3%가 4

Table 1. Survey of display configuration to improve operability

Survey Item	Details Item	Response Result
Survey of display configuration to improve operability	Key Elements of Display Configuration Design (Duplicate selection)	Ease of Use(68.75%)
		Operability(64.58%)
		Intuitiveness(62.5%)
		Ergonomic Design(51.4%)
		Etc(6.25%)
	Number of Display	3 Display Configuration(50%)
		2 Display Configuration(41.67%)
		Configuration over 4 Display(8.33%)
	Display Size and Screen Ratio	24 Inch, 16:10 Ratio(62.5%)
		20.1 Inch, 4:3 Ratio(33.33%)
		Etc(4.17%)
	2 Display Layout Forms	Upper and Lower Forms(54.17%)
		Left and Right Forms(45.83%)
	3 Display Layout Forms	Left, Middle, Right Forms(54.17%)
		Triangular Forms(39.85%)
		Inverted Triangular Forms(4.17%)
		Etc(2.08%)

개 혹은 그 이상의 전시기를 선택하였다. 운용 윈도우들 다수를 동시에 전시할 경우 겹쳐 전시해야 하여 정보를 통합하여 분석하기 어렵다는 단점 때문에 전시기 개수는 기존에 사용되던 2개 전시기 형태보다는 3개 전시기 형태를 더 선호하는 것으로 분석된다. 하지만 4개 이상의 전시기 형태는 공간을 낭비하고 한눈에 파악해야 할 정보들이 분산될 가능성 때문에 선호도가 낮게 나온 것으로 판단된다.

전시기 크기는 기존 전투체계에서 사용된 크기인 20.1인치(33.3%) 보다 조금 더 큰 24인치(62.5%)를 선택하였다. 전시기의 크기는 함정 전투체계용 다기능콘솔이라는 장비의 특수성에 의해 너무 큰 사이즈나 작은 사이즈는 배제하여 조사하였다. 이 결과도 전시기 개수에 대한 응답 결과와 같이 한 전시기 안에 전시할 수 있는 응용 윈도우의 개수를 늘릴 수 있고, 글자 크기를 조금 더 크게 전시하여 가독성을 높일 수 있다는 점 때문으로 파악된다.

2화면 전시기 배치안과 관련된 조사에서는 상, 하로 배치된 형태가 54.2%, 좌, 우로 배치된 형태가 45.8%로 조사되었고, 3화면 전시기 배치안과 관련된 조사에서는 가로로 펼치는 좌, 중, 우 형태가 54.17%, 삼각형 형태 39.58%, 역삼각형 형태가 4.17%, 원형으로 구성된 가변적으로 위치를 변경할 수 있는 형태가 2.08% 순으로 선호한다고 나타났다.

또한 기존 함정 전투체계의 다기능콘솔을 다루면서 개선이 필요하다고 생각하는 요소에 대하여 조사한 결과 응답자 40명 중 10명(25%)가 일정 시간이상 운용 시 목이나 눈에 피로감이 느껴진다고 대답하였고, 12명(30%)은 트랙볼, 키보드 등 다기능콘솔의 컨트롤 장치의 조작에 대해 장시간 사용 시 손목과 어깨가 불편하다고 하였다. 그리고 전시기의 크기 확대 및 전시기 각도 조절기능 등을 개선요소로 7명(17.5%)이 응답되어 차기 함정 전투체계의 다기능콘솔 및 전시기 개발에 운용성 및 안정성 등 기본적인 요구사항 외에 운용자의 편의성 증가 방안, 피로도를 줄일 수 있는 방안을 다각도로 찾아봐야 할 것으로 예상된다.

앞선 설문조사 결과 중 함정 전투체계에 가장 적합한 전시기 개수로 91.7%가 2개 혹은 3개가 응답되었다. 1개의 전시기로 구성된 다기능콘솔은 주로 일반 선박항해용이나 단독기능을 하는 무장 혹은 센서 장비용으로 사용된다. 하지만 전시기 자체의 공간적 제약으로 다양한 기능을 효율적으로 다루기 어렵기 때문에 함정 전투체계용으로 적합하지 않다. 4개 이상의 전시기로 구성된 다기능콘솔은 항공모함급 함정이나 육상 시설 내에 설치된 훈련용 장비에 사용되고 있다. 좌, 우로 펼치듯 배치 시 콘솔의 공간적 제약과 운용자의 역할에 따라 사용되는 기능이 한정되어 운용하기 때문에 굳이 4개 이상의 전시기를 사용할 필요성이 낮다. 따라서 국내 함정 전투체계의 다기능콘솔 구성 적합도가 높을 것으로 판단되는 2개의 전시기와 3개의 전시기로 구성된 다기능콘솔에 대한 구성요소에 대하여 설계한다.

운용성 향상을 위한 함정 전투체계 HCI 설계와 관련된 설문 조사결과는 Table 2.와 같다.

HCI설계에서 가장 중점을 두고 개발해야 하는 요소에 관한 설문 조사에서는 메뉴나 아이콘 등 컨트롤 디자인이 45.83%로 가장 높게 조사되었다. 텍스트 색상 및 운용 윈도우의 배경 색상 등 색상과 관련된 내용이 41.67%로 두 번째로 높게 조사되었다. 다음으로 운용 윈도우들의 레이아웃이 37.5%, 그 외에 글꼴 및 폰트의 크기가 35.42%, 이미지 위주의 정보 형태 27.08%, 텍스트 위주의 정보 형태 12.5% 순으로 응답하였다.

Table 2. survey of HCI design to improve operability

Survey Item	Details Item	Response Result
survey of HCI design to improve operability	Key elements of HCI design (Duplicate selection)	HCI Controls Design such as Menus and Icons(45.83%)
		Text and operating window colors(41.67%)
		Operating window layout(37.5%)
		Font and font size(35.42%)
		Image type information(27.08%)
		Text type information(12.5%)
	Operating window layout order according to importance	Rank 1 Importance - Top left(39.5%)
		Rank 2 Importance - Left Middle(33.3%)
		Rank 3 Importance - bottom right(33.3%)
	Number of optimal operating windows considering cognitive overload	4(33.3%)
		3(27.08%)
		5(25%)
		6(12.5%)
		Etc(2.08%)

직관성이 높은 레이아웃을 구성하기 위해 중요도에 높음, 중간, 낮음 단계의 윈도우 3개를 가정하고 화면을 9등분 했을 경우 어떤 위치에 배치할 것인지에 대해 설문조사를 하였다. 중요도가 가장 높은 윈도우는 화면의 좌측 상단(39.5%), 중요도가 중간인 윈도우는 화면 좌측 중간(33.3%), 중요도가 낮은 윈도우는 화면 우측 하단(33.3%)이라고 응답하였다.

또한 운용자의 인지과부하를 고려한 최적 운용 윈도우 개수에 대한 조사 결과 4개(33.3%)의 운용 윈도우가 가장 적당하다고 조사되었다. 이러한 조사 결과와 기존 전투체계의 HCI 요소 중 개선해야 할 요소를 분석하여 운용자 친화적인 함정 전투체계 HCI를 설계한다.

2. Ergonomic Display Configuration Design

함정 전투체계의 운용자는 운용을 위해 장시간 다기능 콘솔 전시기를 주시한다. 운용자가 바른 자세로 운용을 하고, 적당한 휴식시간이 주어진다 하더라도 장시간 동안 운용을 할 경우엔 육체적, 정신적인 피로가 발생하며 이는 곧 집중력 하락과 실수를 유발할 수 있는 요인이 될 수 있다. 해양 사고의 원인을 분석한 한 연구에 따르면 1996년부터 2015년까지 발생한 국내 해양 사고의 사고원인 분석 결과, 해상 교통법 미 준수, 침로선정 및 유지불량, 기상 및 해상에 대한 지식 부족, 당직 인계 부적절 등과 같은 인적인 요소가 전체의 75.4% 로 가장 높게 나타났다[4]. 설문조사 응답결과와 함께 위 연구에서 조사된 결과처럼 운용자의 조작 실수나 판단 오류로 인한 사고를 줄이기 위해서 전시기 구성을 운용자의 조작성을 높이면서도 장시간 운용에도 피로도를 줄일 수 있는 인간공학적 구성으로의 변화가 필요하다. 이를 위하여 다기능콘솔 전시기의 하드웨어 설계와 화면상에 전시되는 HCI 설계를 제시한다.

2.1 Ergonomic Multi Function Console Display Hardware design

인간공학적 VDT(Visual Display Terminal) 작업과 관련된 연구결과에 의하면 인간은 머리와 눈의 움직임에 따른 수직 및 수평 시야범위는 자연스러운 자세를 취할 때, 정면을 바라보는 시야를 0도라 두고, 수평으로 -15도 ~ 15도, 수직으로 -30도 ~ 0도가 가장 시인성이 좋다고 조사되었다. 머리의 움직임까지 고려할 경우 수평으로 -80도 ~ 80도, 수직으로 -35도 ~ 60도까지 보는데 지장이 없으며, 편하게 앉아 있는 자세에서는 15도 아래를 주시한다. 이를 바탕으로 작업자의 눈높이, 눈과 모니터 간 거리 등을 고려하여 최적 설계 수치를 계산한 결과 상, 하단 전시기의 기울기는 상단은 0도, 하단 전시기의 틸팅(화면 전시기 혹은 모니터를 상, 하로 조절하는 기능) 기울기는 23.18도를 기울여야 한다는 연구결과가 보고된 바 있다[5-7]. 또한 모니터의 높이와 작업자의 근골격계 부담도를 조사한 연구에 따르면 모니터를 상, 하단으로 구성한 테스트 환경에서는 하단 모니터를 기준위치로 잡았을 때 작업자의 정면 시야 보다 하단 모니터가 약간 낮은 높이에 위치했을 때가 불편도와 근골격 부담도가 낮고, 선호도 역시 높다는 분석 결과가 보고되었다. 또한 1개의 모니터를 이용한 테스트 환경에서는 주관적 불편도와 근골격 부담도, 선호도 측면에서 작업자의 정면 시야와 동일한 높이일 때 가장 적절한 배치라고 추천하였다[8].

이러한 연구 결과와 앞서 조사한 설문조사를 바탕으로 다기능콘솔의 전시기 2화면과 3화면 구성 및 배치에 대해 구성한다. 함정이나 잠수함 등의 종류에 따라 그 역할과 기능이 각각 달라서 탑재되는 무장 및 센서의 종류와 개수도, 전시하고자 하는 전투체계 소프트웨어 화면들의 개수도 달라질 수 있다. 더불어 함의 전투체계실의 크기 등 공간적 제약에 의해 2화면 다기능콘솔, 3화면 다기능콘솔 형

태 중 개발하고자 하는 함정 전투체계에 적합한 형태가 다를 것으로 예상되기에 둘을 각각 구분하기로 한다. 기존 국내 개발 함정 전투체계의 다기능콘솔 전시기는 상, 하단 2화면 형태로만 개발되었으며, 전시기 배치와 관련된 인간공학적 데이터들은 외국인 체형에 맞도록 정의된 데이터를 참조하여 구성되었다. 이러한 구성은 한국인의 일반적 체형과는 맞지 않아 운용상에 불편함이 존재하였고, 이를 보완하기 위하여 한국인 남성 표준 체형 정보를 이용하여 설계하기로 한다. 설문조사의 결과에 따라 2화면 전시기는 상, 하 형태로 전시기를 배치하고, 3화면 전시기는 좌, 중, 우 형태로 전시기를 배치한다. 전시기의 크기는 앞서 설문조사 결과에서 선호도가 높았던 크기인 24인치(361 x 556 mm)로 설정하고, 전시기와 운용자의 눈 사이 거리는 기존 함정 전투체계에서 책정된 전시기와 운용자용 의자간 거리인 960mm 에서 한국인 남성 표준 측면 머리 크기인 208mm[9]를 뺀 752 mm로 가정한다.

● 전시기 2화면 배치 설계
- 하단 전시기 : 시인성을 높이기 위해 운용자의 눈 높이보다 약간 낮은 지점(-20도)에 위치하도록 높이를 설정하고, 전시기 하부의 틸팅 기울기는 운용자 쪽으로 23.18도로 배치
- 상단 전시기 : 상단 전시기의 중앙이 운용자의 정면 시야와 동일한 지점에 위치하도록 높이를 설정하고 기울이지 않은 형태로 배치

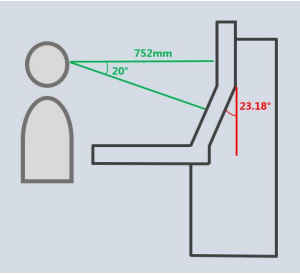

Fig. 4. 2 Display Layout Design(Upper and Lower)

● 전시기 3화면 배치 설계
- 3개의 전시기는 모두 전시기의 중앙이 운용자의 정면 시야와 동일한 지점에 위치하도록 높이를 설정하고 전시기의 하부를 기울이지 않는 형태로 배치
- 좌우 전시기의 스위블(화면 전시기 혹은 모니터를 좌, 우로 회전시키는 기능) 각도는 정면을 바라보는 시야 고정으로 가정하였을 때 수평 시인성이 높은 각도인 15도로 배치

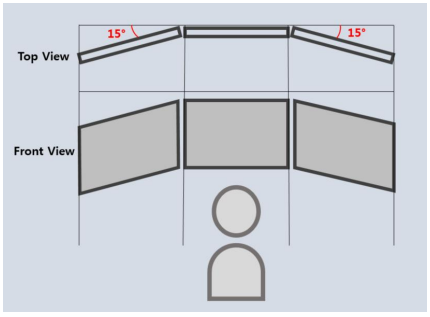

Fig. 5. 3 Display Layout Design(Left, Middle, Right)

2.2 Ergonomic Naval Combat System HCI design

HCI란 주어진 목표를 달성할 수 있도록 시스템과 사람 간의 효과적인 상호작용 방법 및 절차를 의미한다. HCI와 관련된 연구에서는 유용성(usefulness), 사용성(usability), 감성(affectability) 요소를 공통적인 구성요소로 정의한다[10]. 유용성은 사용자가 의도한 목적을 달성하는 것을 의미하고, 사용성은 시스템을 사용함에 있어 어렵지 않도록 구성해야 함을 의미하며, 감성은 사용자가 시스템을 사용 시 느끼게 되는 정서적 감정을 의미한다[10]. HCI 이론에서 언급한 구성요소들을 함정 전투체계의 운용적 측면을 반영하여 정확성(precision), 효율성(efficiency), 직관성(intuition)으로 구성하였다. 각 구성요소의 정의는 Table.3 에서 보는바와 같다.

Table 3. HCI Components in Naval Combat System operations

HCI Components	Definition
precision	To perform missions precisely by purpose when operating a Naval Combat System
efficiency	To perform Naval Combat System operations quickly and easily
intuition	To understand the combat system function at a glance

본 논문에서는 3가지 HCI 구성요소와 전투체계 HCI 설계의 중점 요소로 뽑힌 상위 3순위 항목을 바탕으로 기존 전투체계의 개선점을 도출하고 이를 적용한 설계 규칙을 제안한다. 또한 설계안에 따라 테스트용 화면 소프트웨어를 구성하여 기존 전투체계 대비 정확성, 효율성, 직관성에 대하여 만족도를 조사한 결과를 제시한다. 만족도 조사 결과는 본 논문의 HCI 설계 규칙 평가에 이용하였다.

2.2.1 Menu and Icon design

메뉴 및 아이콘 등의 컨트롤 디자인이 중요한 요인 첫 번째로 뽑힌 이유는 신속하고 정확한 운용과 관련한 것으로 볼

수 있다. 한 화면 안에서 전투체계와 관련된 모든 작업을 수행 할 수 있도록 구성되어야 하는데, 전투체계의 무장 및 센서 운용 윈도우들의 개수와 종류가 다양하고 화면상의 공간적 제한에 의해 한 번에 모든 운용 윈도우들을 전시할 수 없다. 정확성을 높이기 위해 비슷한 기능 군으로 그룹화 시킨 메뉴를 활용하여 운용 윈도우를 전시 할 수 있게끔 구성해야 한다. 효율성을 높이기 위하여 자주 사용하거나 중요한 기능들은 아이콘 화하여 클릭 한번으로 바로 운용 할 수 있도록 한다. 기존 전투체계에서는 최대 3단계까지 하위 메뉴가 구성되어 있고, 풀다운 방식으로 사용한다. 이러한 방식은 하위 메뉴의 전체를 한 눈에 볼 수 없고, 하위 메뉴를 실행시킬 시 효율성이 떨어진다. 아이콘은 보조 전시화면 하단부의 정해진 위치에만 고정되어 다른 위치로 옮기지 못하여 자유도가 저하된다. 또한 아이콘의 배경 색상 정보를 이용하여 상태 정보는 확인할 수 있지만, 세부 정보를 확인하기 위해선 운용 윈도우를 반드시 전시해야하는 과정이 존재한다. 이러한 점들을 개선하기 위한 메뉴 및 아이콘 설계는 다음과 같다.

● 메뉴 구성 - 기존 체계
- 최대 3단계까지 존재하는 하위 메뉴로 인한 복잡한 메뉴 구성
- 하위 메뉴 확인을 위해 상위 메뉴 선택 필요로 하여 효율성이 떨어짐

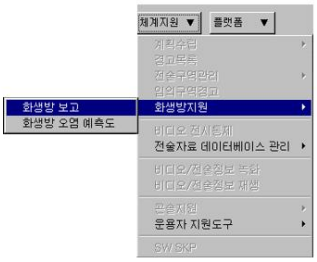

Fig. 6. Existing Naval Combat System Menu

● 메뉴 구성 - 설계
- 접근성 향상을 위해 2단계까지 하위 메뉴 구성
- 하위 메뉴 전체 항목 펼침 전시
- 자주 사용하는 운용 윈도우는 단축키 등록

Fig. 7. Menu Design

● 아이콘 구성 - 기존 체계
- 아이콘 전시 영역 내 위치 변경 불가
- 아이콘 크기 고정으로 상태 정보만 확인 가능
- 임무 별로 자주 사용하는 기능에 대한 중요도 고려 부족

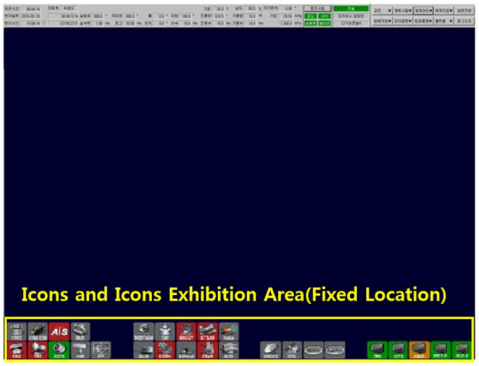

Fig. 8. Existing Naval Combat System Icon

●아이콘 구성 - 설계
- 아이콘 전시 영역 내 자유 배치 기능
- 아이콘 크기 확대 기능을 통해 운용 윈도우를 전시하지 않은 상태에서도 중요 정보가 아이콘과 함께 전시되는 기능
- 아이콘 전시 영역 공간 확보를 위해 운용자 임무에 따라 잘 사용하지 않는 아이콘들의 크기를 축소하는 기능

Fig. 9. Icon Design

2.2.2 Text and Operating Window color design

메뉴 및 아이콘 등의 컨트롤 디자인이 전투체계 정보 습득의 첫 번째 요인으로 뽑힌 것이 전시 화면의 전체 영역의 운용 관점에서 본 것이라면, 텍스트의 색상 및 운용 윈도우의 배경 색상이 두 번째로 뽑힌 것은 세부 관점에서 선택한 것으로 볼 수 있다. 운용자는 본인이 맡은 임무에 따라 운용 윈도우들을 장시간 주시해야 한다. 이러한 환경에서 운용자들은 눈의 피로도와 스트레스 강도가 높아짐에 따라 운용자의 시각적 능력을 떨어뜨려 신속한 대응에 어려움을 겪을 수 있다 [11]. 전투체계를 운용하는 작전통제실은 일반적인 실내보다 조금 더 어두운 환경으로 꾸며져 있다. 기존 전투체계에서의 소프트웨어 화면의 색상은 윈도우 OS에서 제공하는 기본 색상으로 구성되어 있는데, 이 구성은 낮은 조도의 통제실

환경에 의해 눈의 피로감을 유발하게 된다. 어두운 환경에서 피로도를 줄이기 위한 배색조합으로 가장 넓은 면적이 전시되는 배경 부분의 색을 차분하고 진정감을 주는 저채도의 색상과, 단파장의 색상을 사용하고, 텍스트의 색상은 배경색과 텍스트 색상사이의 명도 대비가 클수록 가독성이 좋기 때문에 밝은 색상이 좋다고 보고되었다[12]. 특히 해외 미사일 및 방공 레이더 체계 디스플레이 구성을 비교한 연구에 따르면 다수의 체계에서 대체로 검정색, 남색 등 어두운 색상을 배경으로 하고, 텍스트 색상은 백색, 노란색, 적색 등 밝은 색상을 사용하는 것으로 조사되었다[13]. 따라서 피로도를 낮추고 가독성을 높일 수 있는 설계는 운용 윈도우의 배경색상은 저채도의 단파장 계열 색상인 청회색 바탕에 텍스트 색상은 흰색, 노란색, 녹색 등 밝은 색상으로 사용한다.

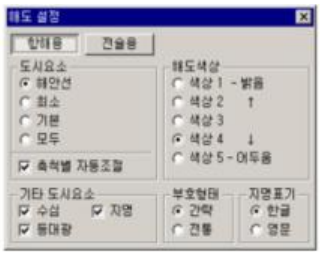

Fig. 10. Existing Naval Combat System Operating Window

Fig. 11. Text and Operating Window Color Design

2.2.3 Operating Window layout design

전투체계에서는 다수의 운용 윈도우를 전시 할 수 있다. 운용 윈도우들 마다 제각기 다른 정보들을 내포하고 있기 때문에 운용자는 본인의 역할에 맞는 중요도가 높은 운용 윈도우들을 선별하고, 레이아웃을 구성하여 임무를 수행해야 한다. 설문조사 중 중요도에 따른 운용 윈도우 배치에서 중요도가 가장 높은 윈도우를 좌측 상단에 두고 중요도가 낮을수록 우측 하단으로 두는 경향이 높다는 것이 확인되었다. 또한 시선 추적 기능을 이용한 주목성 분석 연구에 따르면, 사용자의 시선은 중력의 효과로 인하여 주로 위에서 아래의 방향으로 보는 경향이 강하고, 책을 읽는 습관에 따라 주로 왼쪽에서 오른쪽으로 시선의 움직인다고 조사되었다[14]. 시선의 흐름이 좌측 상단에서부터 좌측 중간, 그리고 우측하단으로 이동하는 형태로 운용 윈도우들의 레이아웃을 구성하는 것이 직관성을 높일 수 있는 방안일 것으로 판단된다. 기존 전투체계에서는 운용 윈도우들이 화면 중심에 전시되어 운용자가 직접 원하는 위치로 배치해야 하였고, 여러 운용 윈도우가 있을 경우 먼저 전시하고 있던 윈도우는 가려지는 불편한 점이 있었다. 따라서 운용자가 선택한 운용 윈도우를 전시할 때 좌측 상단 → 좌측 중간 → 중앙 → 우측하단 순으로 배치되도록 설계한다. 이때 운용 윈도우간 크기가 각기 다르기 때문에 전시 영역의 빈 공간 크기와 운용 윈도우 크기를 비교하여 가림 없이 전시되도록 설계한다. 중요도가 높은 운용 윈도우는 강조 여부를 설정하여 다른 운용 윈도우에 가려지지 않고 항상 최상단에 전시되게끔 설계한다. 다수의 운용 윈도우가 전시될 경우 운용자의 인지과부하 현상으로 인해 정확성이 떨어 질 수 있다. 따라서 인지과부하와 관련된 설문조사 결과에 따라 강조 여부를 설정하는 윈도우는 최대 4개까지로 제한한다. 또한 효율성을 높이기 위해 자주 사용하는 형태로 운용 윈도우들을 배치한 레이아웃 구성을 저장하였다가, 임무 교대 후 다시 로그인 할 때 미리 저장한 레이아웃 구성을 불러와 전시하도록 설계한다. 운용 윈도우를 정렬된 형태로 배치하기 위하여 화면상에 가상의 그리드를 설정하고 윈도우들의 위치를 그리드 교차지점에 달라붙을 수 있도록 설계한다.

● 운용 윈도우 레이아웃 구성 - 기존 체계
- 운용 윈도우 전시 시 화면 중심지점에 배치
- 중요도 관계없이 선택된 순으로 운용 윈도우 전시
- 다수 운용 윈도우 전시 시 운용 윈도우의 위치를 찾기 어려움

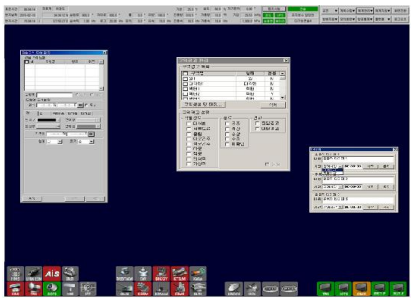

Fig. 12. Existing Naval combat system operating window layout

● 운용 윈도우 레이아웃 구성 - 설계
- 좌측 상단에서부터 우측 하단 순으로 운용 윈도우전시
- 중요 윈도우 강조 설정을 통해 중요도 높은 운용 윈도우 항상 최상단에 전시
- 자주 사용하는 운용 윈도우 구성 레이아웃의 저장 및

불러오기

- 전시 가상의 그리드 설정으로 정렬된 형태로 운용 윈도우 배치

Fig. 13. Operating Window Layout and Virtual Grid Design

2.2.4 Satisfaction survey on proposed design

제안한 설계 형태로 테스트용 화면 소프트웨어를 구성하여 기존 전투체계 대비 HCI 구성요소 별 만족도를 조사하였다. 조사 대상으로 전투체계 개발자 33명이 참여하였고, 모두 앞선 설문조사에 참여한 인원들로 구성되었다. 조사 항목으로는 메뉴 및 아이콘 디자인, 텍스트의 색상 및 운용 윈도우의 배경 색상 설계, 운용 윈도우의 배치 설계로 설정하였다. 각 조사 항목들에 대한 만족도는 정확성, 효율성, 직관성으로 분류한 평가 기준에 의해 조사되었다. 만족도 조사 결과는 Fig. 14. 와 Table. 4 에 정리하였다.

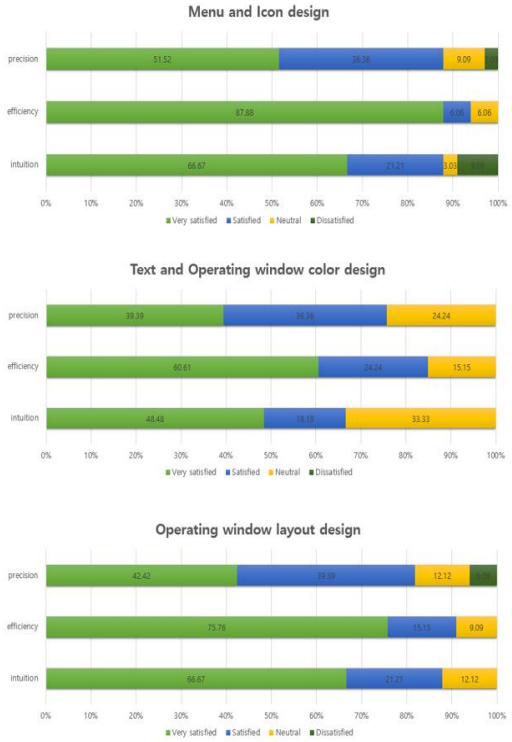

Fig. 14. Satisfaction survey results chart

Table 4. Satisfaction survey results

Survey Item	HCI Components	Very satisfied	Satisfied	Neutral	Dissatisfied
Menu and Icon design	precision	51.5	36.4	9.1	3.0
	efficiency	87.9	6.0	6.0	0
	intuition	66.7	21.2	3.0	9.0
Text and Operating Window color design	precision	39.4	36.4	24.2	0
	efficiency	60.6	24.2	15.2	0
	intuition	48.5	18.2	33.3	0
Operating window layout design	precision	42.4	39.4	12.1	6.0
	efficiency	75.8	15.2	9.1	0
	intuition	66.7	21.2	12.1	0

만족도 조사 결과를 보면 조사 항목 3가지 모두 높은 만족도를 나타내고 있다. 조사 항목 중 메뉴 및 아이콘 설계는 정확성, 효율성, 직관성 모두 높은 만족도를 나타내었다. 특히 메뉴의 하위 메뉴 펼침 기능과 아이콘 크기 확대 축소 기능이 효율성을 많이 높일 것으로 평가되었다. 텍스트 및 운용 윈도우 배경 색상 효율성에서 높은 만족도를 보였다. 정확성과 직관성에서는 다른 조사 항목들의 평가에 비해 다소 낮은 만족도를 보였는데, 이는 기능적인 측면보다 피로도 경감이라는 목적을 두었기 때문으로 판단된다. 운용 윈도우의 레이아웃 구성 요소의 만족도 결과 효율성, 직관성 측면에서 높은 만족도를 나타냄을 확인하였다. 특히 설계안의 기능 중 운용 윈도우들의 정렬 기능과 중요도에 따른 고정 기능이 만족스럽다고 조사되었다. 3가지 조사 항목들 모두 기존 전투체계의 구성보다 논문에서 제안한 설계의 구성이 더 높은 만족도를 보였다. 이러한 설계안을 차기 전투체계 개발에 반영할 경우 운용자 친화적인 구성을 제공하여 운용성을 향상시킬 것으로 예상된다.

IV. Conclusions

함정 전투체계 개발자들을 대상으로 설문 조사를 실시한 결과, 다기능콘솔 전시기 구조와 화면의 구성이 정확성, 효율성, 직관성 측면의 개선이 요구되고 있음을 확인하였다. 선술한 문제의 개선을 위해 본 논문에서는 다기능콘솔 전시기의 구성과 HCI의 구성요소로 기반으로 전투체계 화면 소프트웨어 설계 규칙을 제안하였다. 제안한 설계로 화면 소프트웨어를 구성하여 별도의 만족도 평가를

실시하였고, 그 결과 3가지 조사 항목 모두 높은 만족도의 응답을 확인하였다. 이를 전투체계에 적용할 경우 기존 전투체계에서보다 운용상 용이함을 제공할 것으로 예상된다.

본 논문에서는 다기능콘솔의 구성과 소프트웨어 화면의 구성에 대한 연구만이 수행되었으며, 다기능콘솔 전시기의 운용성을 높이는 다른 방법에 대한 연구는 부족하다. 이에, 추후의 연구에서 인터페이스 개선, 구성요소의 변경에 대한 연구를 수행하고, 그 결과를 보일 예정이다.

REFERENCES

[1] Sjko, and dhpark, "Overseas Technology Trend and Domestic Development Pattern of the Naval Combat Management System" Korea Association of Defense Industry Studies Vol.16, No. 2, December. 2009.

[2] LockheedMartin, *https://lockheedmatrin.com*

[3] Ministry of National Defense, *http://mnd.go.k*

[4] Hkcho, bspark, dhkang, and sskim, "The Main factor and Counterplan for Marine accidents in Korea" JOURNAL OF FISHRIES AND MARINE SCIENCES EDUCATION Vol. 29, No. 3, pp. 746-756, June. 2017.

[5] Jmkim, "The Prevalence of Computer Software for Investigations of Eye Problems among Computer User" Journal of Korean Ophthalmic Optics Society Vol. 11, No. 1, pp. 17-26, January. 2006.

[6] Ylrhie, ymkim, shahn, jwoh, mhahn, and mhyun, "Evalutation of the optimal tilting angle of multi-monitor display in case of naval operations" The HCI Society of Korea, pp. 188-191, Fabruary. 2017.

[7] Khjung, jjkim, wslee, tkyou, bklee, jnjung, kykim, wghong, wbchoi, skpark, sychang, and hcyou, "Development of an Ergonomic Console Layout Optimization Method Using Priority-Based Branch-and-Bound Algorithm and Clustering Analysis" Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers Vol. 44, No. 3, pp. 189-197, June. 2018.

[8] Jhlee, ywsong, shna, and mkchung, "Determination of Proper Monitor Height based on the Musculoskeletal Load and Preference during VDT Monitoring Tasks" Journal of the Korean Institute of Indestrial Engineers Vol. 32, No. 3, pp. 236-241, September. 2006.

[9] SizeKorea, *https://sizekorea.kr*

[10] Kylim, jylim, yjkim, mhjin, mjpark, "Developing Criteria for Evaluating the Quality of Online Dashboard: Fram HCI Perspective" The Journal of Educational Information and Media Vol. 23, No. 4, pp. 861-889, December. 2017

[11] Hrkim, and jhjeong, "The Study of Visual Fatigue by Monitor Letter Contrast with an Eye Tracker" Journal of Korean Ophthalmic Optics Society Vol. 19, No. 4, pp. 533-538, December. 2014.

[12] Jwson, and kbkim, "Study on the color scheme effective operators screen of submarine" INFORMATION AND CONTROL SYMPOSIUM, pp. 248-250, October. 2014.

[13] Jwhong, ehlee, dhkim, yjkwon, and shkim, "A Study on the Standardization Technology of Components for Ergonomic Display Screen" Korean Institute Of Indeustrial Engineers, pp. 435-450, April. 2015.

[14] Qqfan, and jphong, "A study on Layout in digital Web interface Design" KSDS Conference Proceeding, pp. 24-27, October. 2010.

Authors

Dae-Young Park received the B.S. degrees in Information and Communication Engineering from Korea Aerospace University, Korea, in 2010. He is currently working in Hanwha Systems Co. from 2010. He is interested in Combat System Software, Human Computer Interface, and System Engineering.

Dong-Han Jung received B.S degree in Electronics from Korea Kyungbook National University, Korea, in 2002. He is currently working in Hanwha Systems Co. from 2009. He is interested in Unmanned System Software, Human Computer Interface and System Engineering.

Moon-Seok Yang received the B.S degrees in Electronics from In-Ha University, Korea, in 1998. He has been a software development manager in Hanwha Systems since 1998. He is interested in Combat System, Human Computer Interface, The Fourth Industrial Revolution and so on.