

A Study on the Design of System Access Control Software For the Improvement of the Stability and Survivability of Naval Combat Management System

Jong-Hyeon Im*

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

[Abstract]

In this paper, we propose system access control software that improves the survivability of the naval combat system while maintaining security and stability. The software was improved by improving the operating environment configuration and user authentication process of the system access control software that constitutes the naval combat system, defining the operating environment classification of the naval combat system, and applying a software parallel execution process considering the load rate. Through this, the waiting time required to configure the environment is shortened, providing rapid operation to the operator, and improving the fact that the naval combat system cannot be operated unless the environment configuration is completed even in emergency situations. In order to test the performance, a test environment was created by simulating the existing naval combat system, and the execution time for each operation category was measured and compared. Compared to the existing naval combat system, the execution time of the basic combat system was reduced by about 69.3%, the execution time of the combat system was reduced by about 54.9%, and the execution time of the integrated combat system was confirmed to be reduced by about 8.4%.

▶ **Key words:** Naval Combat System, Access Control Software, Survivability, Stability

[요 약]

본 논문에서는 보안성과 안정성을 유지하면서 함정 전투관리체계의 생존성을 향상시키는 체계 접근통제 소프트웨어를 제안한다. 함정 전투관리체계를 구성하는 체계접근통제 소프트웨어의 운용 환경 구성 및 사용자 인증 프로세스 개선, 함정 전투관리체계 운용 환경 분류 정의, 부하율을 고려한 소프트웨어 병렬 실행 프로세스를 적용하여 체계접근통제 소프트웨어를 개선하였다. 이를 통해, 환경 구성에 필요한 대기시간을 단축하여 운용자에게 신속한 운용을 제공하고, 긴급한 상황 속에서도 환경 구성이 완료되지 않으면 함정 전투관리체계를 운용할 수 없는 점을 개선하고자 한다. 그리고 성능을 시험하기 위해 기존 함정 전투관리체계를 모의하여 시험환경을 구성하였으며, 운용 분류 별 실행시간을 측정하여 비교하였다. 기존 함정 전투관리체계 대비 기본 전투관리체계 실행시간은 약 69.3% 감소하였으며, 교전 전투관리체계 실행시간은 약 54.9% 감소하였으며, 통합 전투관리체계 실행시간은 약 8.4% 감소하였음을 확인하였다.

▶ **주제어:** 함정 전투관리체계, 체계접근통제, 생존성, 안정성

-
- First Author: Jong-Hyeon Im, Corresponding Author: Jong-Hyeon Im
 - *Jong-Hyeon Im (jonghyeon.im@hanwha.com), Naval R&D Center, Hanwha Systems
 - Received: 2023. 10. 25, Revised: 2023. 11. 16, Accepted: 2023. 11. 27.

I. Introduction

함정 전투관리체계(CMS, Combat Management System)는 동시다발적인 전투상황에서 탑재된 센서와 데이터링크로부터 획득한 정보를 종합 처리하여 최적의 전투 능력을 제공할 수 있도록 지휘 및 무장을 통제하는 기능이 통합된 자동화 전투체계이다[1][2]. 함정 전투관리체계를 구성하는 소프트웨어 중 체계접근통제 소프트웨어(Access Control Software)는 전투관리체계 운용을 위한 환경 구성과 사용자 인증을 통한 접속 통제 그리고 다기능 콘솔(MFC, Multi Functional Console)별 역할 임무를 수행하기 위한 소프트웨어 실행 기능을 담당하고 있다. 함정 전투관리체계의 운용 안정성과 접근 보안성을 담당하기에 중요한 역할을 수행하는 소프트웨어이다[3].

함정 전투관리체계를 운용하기 위해 요구되는 환경 구성은 시간동기화, 미들웨어 실행 및 초기화, 전술정보처리 장치(IPN, Information Processing Node) 가용 여부 확인, 전투관리체계 DB 동기화 그리고 사용자 인증으로 구성된다. 이러한 환경 구성은 함정 전투관리체계의 안정성을 보장하기 위함이다.

함정 전투관리체계 운용 환경 구성을 수행하는 체계접근통제 소프트웨어는 높은 안정성과 보안성을 목적으로 운용 환경을 구성하는 요소 중 하나라도 구성이 실패할 경우 전투관리체계 접근이 불가능하도록 설계되어 있다. 기존 설계 방식은 최소한의 운용을 할 수 없는 상황이 발생하여 함정 전투관리체계 생존성의 저하로 이어지기도 한다. 예를 들어, 교전 작전 수행해야 하는 상황에서 교전 작전에 불필요한 소프트웨어가 오류로 인해 동작하지 않는다면 운용 환경이 100% 구성되지 않았기에 함정 전투관리체계에 접근할 수 없으므로 교전 작전을 수행할 수 없다. 또한, 각 단계별 대기시간이 존재하며, 운용자가 전투관리체계를 운용하기까지 반드시 대기시간이 필요하다.

본 논문에서는 함정 전투관리체계를 운용 대기시간을 단축하고, 최소 운용을 보장하여 함정 전투관리체계 생존성을 향상하는 체계접근통제 소프트웨어 설계를 제안한다. 체계접근통제 소프트웨어의 초기화 정책을 개선하고, 함정 전투관리체계 재접속 시간 단축을 위해 전시 소프트웨어 실행 정책을 개선하였다. 또한, 함정 전투관리체계의 생존성 향상을 위해 함정 전투관리체계의 운용 분류를 3가지로 분류하고 정의하였다. 추가로 함정 전투관리체계 접근 시간을 단축하기 위해 운용 환경 구성 중 전시 부하율을 고려한 소프트웨어 병렬 실행 프로세스를 도입하였다. 이러한 방식을 적용하여 기존 체계접근통제 소프트웨어가 적

용된 함정 전투관리체계와 비교 시험을 통해 성능이 향상된 결과를 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 함정 전투관리체계의 구성에 관하여 설명하고, 체계접근통제 소프트웨어의 역할과 구동 방식에 대해서 구체적으로 설명한다. 3장에서는 새롭게 설계된 체계접근통제 기능을 제안하고, 4장에서는 기존 체계접근통제 소프트웨어가 적용된 함정 전투관리체계와의 비교 시험을 위한 시험환경 구성과 시험 방법에 관하여 설명한다. 그리고 각 운용 분류에 따른 비교시험과 함정 전투관리체계 재접속 시간 비교 시험 통해 개선된 성능을 검증한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 연구 결과에 대한 결론으로 마무리한다.

II. Preliminaries

1. Background

1.1 Naval Combat Management System

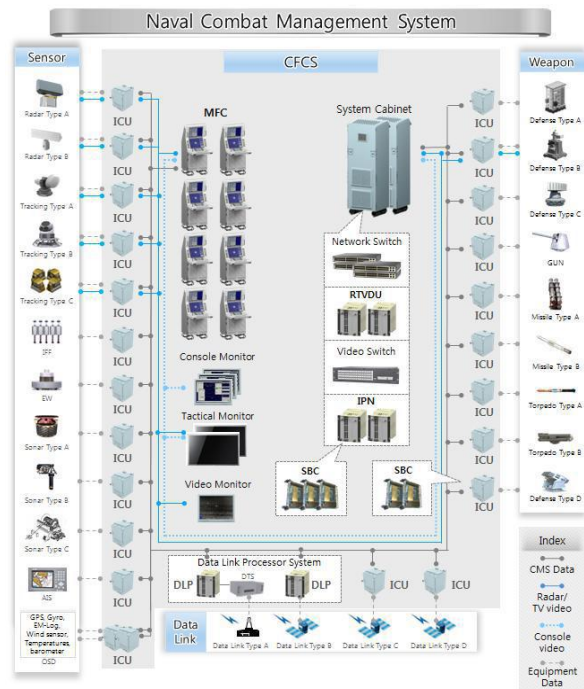


Fig. 1. Naval Combat Management System

함정 전투관리체계는 인간의 두뇌와 같은 역할을 수행한다. 함정에 탑재된 레이더, 소나와 같은 센서로 정보를 수집하고 표적을 탐지 및 추적하며, 함포, 어뢰, 유도탄과 같은 무장으로 교전의 기능을 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 일련의 자동화된 무기체계를 함정 전투관리체계라고 한다. 함정 전투관리체계는 Fig 1과 같이 지휘무

장통제체계(CFCS, Combat Fire Command System), 센서, 무장, 데이터링크로 구성되어 있으며, 이를 통합하여 최대의 성능을 발휘할 수 있도록 하는 핵심적인 역할은 CFCS가 수행한다. CFCS는 데이터를 처리하는 단일기판 컴퓨터(SBC, Single Board Computer)가 내장된 정보처리장치, 운용자의 명령을 입력받고 전술 상황을 전시하는 다기능콘솔, 센서 및 무장을 연동시키는 연동단(ICU, Interface Control Unit) 등으로 구성되어 있다. 다기능콘솔은 운용자들이 직접 사용하는 장비이며, 전술 상황을 확인하고 장비 상태정보 전시 및 통제 명령을 전송할 수 있어 중요한 기능을 담당하고 있다. 정보처리장치는 함정 전투관리체계 운용에 필요한 전술 정보의 처리를 담당한다. 연동단은 센서 및 무장을 연동하여 장비와 CFCS 간 필요한 정보를 송수신하는 역할을 수행한다[4].

1.2 DSS for Real-Time Communication

함정 전투관리체계는 DSS(Data Sharing Service)를 이용하여 소프트웨어 간 실시간 통신을 수행한다. DSS는 국제 표준인 DDS(Data Distribution Service)를 활용하며, 대용량 정보 송수신을 위해 Publish/Subscriber 개념을 적용하고 있다[7-9].

1.3 System Access Control Software

함정 전투관리체계를 구성하는 소프트웨어 중 체계접근 통제 소프트웨어는 다기능콘솔의 전원 인가 후 최초로 실행되는 소프트웨어이다. 운용자의 함정 전투관리체계의 접근 허용을 위해 필수적인 소프트웨어이며 함정 전투관리체계 운용 환경 구성과 확인을 통해 운용 환경 상태가 정상이면 사용자 인증 및 역할별 임무에 맞는 소프트웨어를 실행하는 기능을 담당한다. Fig 2는 체계 접근 통제 소프트웨어 화면이며, Fig 3은 운용자가 다기능콘솔의 전원을 인가 후 함정 전투관리체계에 접근까지 체계접근통제 소프트웨어의 순서도를 나타낸다.



Fig. 2. Access Control Software

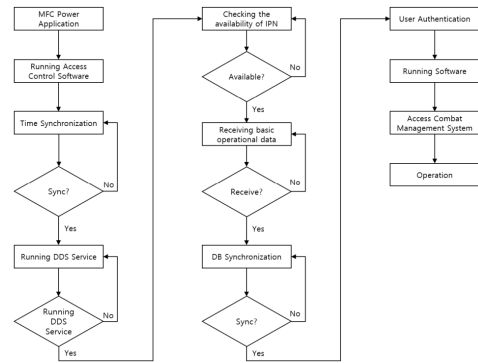


Fig. 3. Flow Chart of Access Control Software

1.2.1 Configuration of Operational Environment of Naval Combat Management System

함정 전투관리체계를 정상적으로 운용하기 위해서는 운용 환경 구성을 반드시 완료해야 한다. 운용 환경의 구성으로는 시간동기화[5][6], DSS(Data Sharing Service) 미들웨어의 실행 및 초기화, 전술정보처리장치 가용 여부 확인[10], 전투관리체계 DB 동기화로 구성되어 있다. 각 단계는 순차적으로 이루어지며, 각 구성별 단계와 자세한 내용은 다음과 같다.

Table 1. Details of configuration of the operational environment of the naval combat management system

Step	Category	Description
1	Time synchronization	Time synchronization is performed based on the reference OSD
2	Running and initializing DSS service	DSS is used for data transmission and reception between nodes in the naval combat management system. It executes and initializes the DSS service of the MFC with power applied.
3	Checking the availability of IPN	Checking the availability of IPNs equipped with software that processes and performs data from the naval combat management system.
4	Receiving basic operational data	It receives operator information necessary to access the naval combat management system and mode information assigned to the MFC.
5	DB synchronization	DDS data synchronization is performed only on the DB required by MFC.

기존 함정 전투관리체계의 체계접근통제 소프트웨어는 단계별 항목이 완료되어야만 다음 단계의 항목을 수행하도록 설계되어 있다. 5단계의 항목이 모두 완료되면 함정 전투관리체계를 사용할 준비가 완료되었다고 판단하며, 사용

자 인증을 위해 운용자 ID, 비밀번호 입력창이 활성화된다.

1.2.2 User Authentication & Running Software by Role

함정 전투관리체계는 역할별로 수행하는 임무가 다르다. 1개의 운용자에 N개의 역할이 할당되어 있으며, 1개의 역할에는 N개의 서비스가 할당되어 있다. 체계접근통제 소프트웨어는 접속을 시도하는 역할과 서비스 정보를 확인하여 소프트웨어를 실행한다. 아래의 Fig 4는 운용자-역할, 역할-서비스 관계를 나타내는 관계도이다.

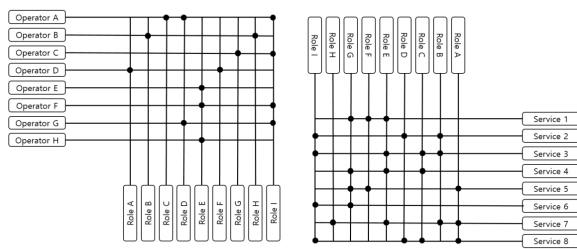


Fig. 4. Relationship Chart of Operator–Role, Role–Service

함정 전투관리체계의 전시 소프트웨어는 다기능콘솔을 사용하는 운용자의 역할에 따라 실행된다. 다기능콘솔 로그인 시 체계접근통제 소프트웨어는 사용자 인증이 완료된 후 역할에 맞는 전시 소프트웨어를 직접 실행하고, 로그아웃 시 전시 소프트웨어를 종료한다.

1.3 Improvement of the Existing Naval Combat Management System

기존 함정 전투관리체계의 체계접근통제 소프트웨어 운용 방식에는 운용 환경을 구성하기 위한 비교적 긴 대기시간이 요구되고, 높은 안정성과 보안성을 위해 단계별 항목 중 하나라도 실패할 경우 함정 전투관리체계를 사용할 수 없는 생존성 이슈에 직면하게 된다.

1.3.1 Long Wait time for configuring the Operational Environment

본 논문에서 설명했듯이 기존 함정 전투관리체계를 운용하기 위해서는 운용 환경 구성이 필수로 요구된다. 이후 사용자 인증을 거쳐 전시 소프트웨어를 실행이 완료된 후에 전투관리체계 운용이 가능하다. 함정 전투관리체계 최초 구동 시 단계별 대기시간이 비교적 오래 걸리며, 운용을 위해서는 반드시 사용자가 대기해야만 하는 단점이 존재한다.

1.3.2 Survivability of Naval Combat Management System

현재 함정 전투관리체계는 모든 구성이 이루어지지 않으면 접근이 불가능하게끔 이루어져 있는데, 이렇게 전투관리체계를 운용하기까지의 많은 대기시간이 필요하다는 사실은 현재의 시스템 소프트웨어에서 요구되고 있는 소양 중 하나인 빠른 접근을 통한 고품질의 사용자 경험이란 측면에서 대치된다. 함정 전투관리체계는 긴급한 전투 상황에서의 운용이 중시되는 시스템이기 때문에, 접근의 지연이 운용 시점을 늦춤으로써 생존성의 저하로 이어질 수도 있다는 점에서 더욱 중요하다[11][12].

1.3.3 Long wait time for re-login

체계접근통제 소프트웨어는 역할별 전시 소프트웨어를 사용자 인증이 완료된 후에 실행하게 되어 있다. A 수상함의 함정 전투관리체계 기준 전시 소프트웨어 실행 대기를 위해 약 38초가 소요됨을 확인했다, 로그아웃 후 로그인 동작이 수행될 때마다 해당 대기시간이 요구된다.

III. The Proposed Scheme

본 논문에서는 함정 전투관리체계의 안정성과 생존성을 향상시키기 위해 3가지 개선 방안을 제시한다. 첫째, 운용 환경 구성 및 사용자 인증 프로세스 개선, 둘째, 함정 전투관리체계 운용 환경 분류 정의, 셋째, 부하율을 고려한 소프트웨어 병렬 실행 프로세스 적용이다. 다음 Fig 5는 체계접근통제 소프트웨어의 개선 프로세스를 나타냈다.

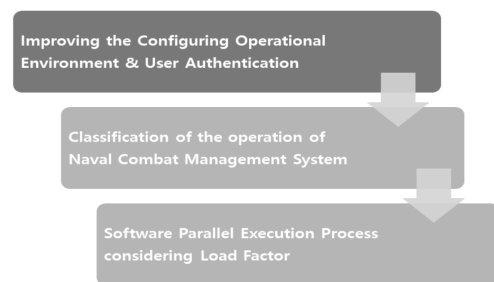


Fig. 5. Improvement Process of Access Control Software

1. Improving the Architecture of System Access Control Software

1.1 Improving the Configuring Operational Environment & User Authentication

체계접근통제 소프트웨어의 화면을 새롭게 설계하여, 운용 환경 구성 시 운용자가 필수적으로 요구되는 대기시간을 감소시키고자 한다. 기존의 대기화면을 삭제하고, 전자

해도와 주전시화면 소프트웨어가 실행된 화면에서 실행된다. 운용자에게 자함 정보, 자함 위치 등 기본 정보를 제공함과 동시에 운용 환경을 구성한다. 이는 운용자에게 대기 시간 감소 효과를 제공할 뿐만 아니라, 기본 운용 데이터를 통해 자함의 정보를 확인할 수 있도록 기능을 제공한다.



Fig. 6. Improved Access Control Software

아래 Table 2는 체계접근통제 소프트웨어의 구조 변경으로 인하여 개선된 함정 전투관리체계의 운용 환경 구성 단계이다. 기존 함정 전투관리체계 대비 개선점은 첫째 별도의 체계접근통제 소프트웨어 전시화면이 없다는 점, 둘째 운용 환경 구성 전 기본 전투관리체계(전자해도, 자함정보) 기능을 운용자에게 제공하며, 마지막으로 교전 전투관리체계의 실행 우선순위를 높여 함정 전투관리체계의 생존성을 보장하였다.

Table 2. Details of the Operational Environment Configuration of the Improved Naval Combat Management System.

Step	Category
1	MFC power application
2	Running System Access Control Software
3	Tactical Screen & Electronic Navigation Chart Display
4	Running a basic naval combat management system
5	Time synchronization
6	Running and initializing DDS service
7	Checking the availability of IPN
8	Receiving basic operational data
9	DB synchronization
10	Running a combat management system
11	Running an integrated naval combat management system

운용 환경 구성과 사용자 인증 개선은 운용 환경을 구성하는 중에도 사용자에게 전술화면, 전자해도, 자함정보 서비스를 제공하며, 이는 운용자에게 불필요한 대기 시간을 줄여주는 개선이 된다.

1.2 Improvement in Software Execution Policy

함정 전투관리체계의 로그인/로그아웃 간 대기시간 단축을 위해 전시 소프트웨어 관리 방안을 실행/종료에서 활성화/비활성화 방안으로 관리한다. 본 방법은 로그인/로그아웃을 수행할 때마다 전시 소프트웨어를 실행하고 종료하는 로직 대신 데이터 초기화, 미들웨어 초기화를 통해 전시 소프트웨어를 초기 상태로 준비하여, 전시 소프트웨어 활성화/비활성화로 운용한다. 이는 함정 전투관리체계 재접속 시 소프트웨어를 종료/실행하는 시간 대신 비활성화/활성화 시간으로 변경되어 신속한 운용을 가능하게 한다.

2. Classification of the operation of Naval Combat Management System

전투관리체계 생존성 향상을 위해 함정 전투관리체계 운용 개념을 기본 전투관리체계, 교전 전투관리체계, 통합 전투관리체계로 분류한다. 기본 전투관리체계는 운용 환경 구성이 완료되기 전에도 자함 정보를 운용자에게 제공하며, 교전 전투관리체계는 사용자 인증 전 신속하게 교전 작전을 수행할 수 있도록 한다. Table 3은 각 운용 분류별 사용가능한 기능을 구분한 표이다.

Table 3. Software Execution according to 3-Step Operation Classification of Naval Combat Management System.

	Basic	Warfare	Integrated
Electronic Navigation Chart	○	○	○
Tactical Screen	○	○	○
OSD	○	○	○
Sensor		○	○
Weapon		○	○
Track Management		○	○
Warfare Management		○	○
User Authentication			○
Etc.			○

◎ 기본 전투관리체계(Basic)

사용자 인증 전 사용할 수 있는 전투관리체계이다. 운용자에게 전자해도, 자함 정보 서비스를 제공한다.

실행 소프트웨어의 구성: 함기준센서 연동단, 전자해도, 전술화면, 체계접근통제

◎ 교전 전투관리체계(Warfare)

위협 표적에 빠르게 대응하기 위해 교전 기능을 최우선으로 사용할 수 있는 전투관리체계이다. 함정 전투관리체계에서 교전은 가장 중요한 기능이며, 교전 작전에 불필요한 기능이 실행되지 않거나, 사용자 인증이 완료되지 않는 경우에도 교전을 허용할 수 있도록 한다. 지휘관이 다기능 콘솔을 지정하여 교전 권한을 제공한다. 대공전/대함전 여부에 따라 각 교전에 필요한 센서 1종과 무장 1종을 우선으로 연동되고, 정보처리장치에 탑재된 교전관리 SW, 표적관리 SW가 우선으로 실행되어 운용자에게 최소 교전 서비스를 제공한다[13][14].

실행 소프트웨어의 구성: 기본 전투관리체계, 센서 연동단, 무장 연동단, 표적관리, 교전관리

◎ 통합 전투관리체계(Integrated)

사용자 인증 후 사용할 수 있는 전투관리체계이다. 운용자가 선택한 역할의 임무에 맞는 모든 소프트웨어가 실행되고, 모든 서비스를 사용할 수 있도록 제공한다.

다기능콘솔 전원 인가 후 기본 전투관리체계 → 교전 전투관리체계 → 통합 전투관리체계 순으로 실행된다. 사용자 인증 전 기본 전투관리체계와 교전 전투관리체계를 운용할 수 있으며, 사용자 인증 후 역할에 맞는 통합 전투관리체계가 실행된다. 단, 교전 전투관리체계는 긴급 상황 시 운용되며 지휘관 승인 하에 운용하고, 상황 종료 시 교전 전투관리체계 종료를 통해 지휘관에게 권한을 반납한다.

3. Software Parallel Execution Process considering Load Factor

기존 함정 전투관리체계에서 역할별 서비스를 운용하기 위해 전시 소프트웨어의 실행 순서는 운용 환경 구성과 사용자 인증 후에 이루어졌다.

본 논문에서 제안하는 체계접근통제 소프트웨어에서는 함정 전투관리체계 운용 환경 구성 중 다기능콘솔의 부하율을 계산하여 전시 소프트웨어를 실행하도록 한다. 해당 기능은 함정 전투관리체계 운용 환경 구성과 병렬처리로 이루어지며, 운용 환경 구성 시 성능을 저해하지 않도록 아래의 항목과 조건으로 처리된다.

Table 4. Threshold for Running Display Software

Factor	Threshold
CPU Utilization	≤ 66%
Memory Utilization	≤ 66%
Number of User Objects in Windows	≤ 462,000

CPU 사용률과 메모리 사용률은 함정 전투관리체계에서 정한 부하 임계값(66%)을 사용하였으며, 전시 소프트웨어 실행 중 Windows 사용자 개체 수 증가로 인한 병목 현상을 방지하기 위해 462,000개의 값을 선정하였다. 체계접근통제 소프트웨어는 아래의 조건으로 교전 전투관리체계와 통합 전투관리체계를 운용하기 위한 전시 소프트웨어를 실행한다.

- 전시 소프트웨어 실행 조건

(CPU 사용률 ≤ 66%) && (메모리 사용률 ≤ 66%) && (OS 사용자 개체 수 ≤ 462,000)

위 개선점이 반영된 체계접근통제 소프트웨어의 각 기능 순서도는 아래 Fig 7과 같다.

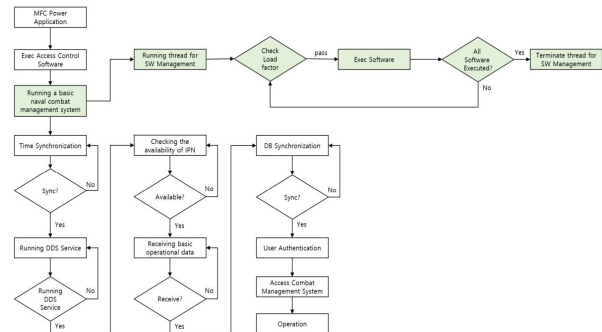


Fig. 7. Flow Chart of Improved Access Control Software

IV. Test and Evaluation

본 논문에서 제안한 체계접근통제 소프트웨어를 적용한 함정 전투관리체계의 성능을 확인하기 위해 Fig 8과 같이 시험환경을 구성하였다. 시험환경은 Switch, Desktop PC, 지원정보처리장치, 전술정보처리장치, 함기준센서 연동단으로 구성하였다. 정확한 성능 측정을 위해 구성된 시험환경은 외부 요인을 최소화하기 위해 독립된 네트워크 망으로 구성하였으며, 항온항습기가 설치된 실험실에 시험환경을 구성하였다. TestBed #1은 기존 함정 전투관리체계가 설치되어 있으며, TestBed #2는 개선된 체계접근통제 소프트웨어가 적용된 함정 전투관리체계가 설치되어 있다. 본 구성은

실제 함정에서 운용 중인 동일한 전술정보처리장치, 지원정보처리장치, 함기준센서 연동단으로 구성하였으며, Desktop은 실 함정에 탑재된 다기능콘솔과 동일한 운영체제로 구성하였다. 개선된 체계접근통제 소프트웨어의 성능을 검증하기 위해 함정 전투관리체계를 접속하고 운용할 수 있는 필수 장비로 시험환경을 구성하였다. 기존 함정 전투관리체계와 본 논문에서 제안된 내용으로 새롭게 개발된 체계 접근통제 소프트웨어가 설치된 함정 전투관리체계 간 비교 시험을 통해 성능의 개선을 확인하려고 한다.

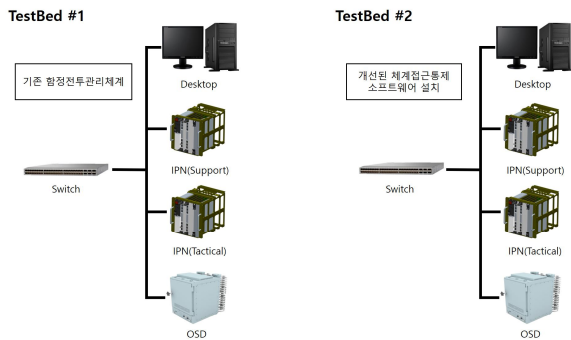


Fig. 8. Configuration of Test Environment

Desktop에는 함정 전투관리체계 전시 소프트웨어를 실행하기 위해 다기능콘솔과 동일한 OS인 Windows 7 Enterprise K 64bit로 구성하였다. 전술정보처리장치는 2개의 SBC(Single Board Computer)로 구성되어 있다. 전술정보처리장치에는 표적관리, 교전관리, 장비상태관리 등 함정 전투관리체계의 중요 기능을 수행하는 소프트웨어를 탑재하여 실행하였다. 지원정보처리장치는 1개의 SBC로 구성되어 있으며, 항공통제, 계획임무 등 지원 기능을 수행하는 소프트웨어를 탑재하여 실행하였다. 마지막으로 함기준센서 연동단은 1개의 SBC로 구성되어 있으며, 노드 간 시간 동기화를 위한 NTP Server가 탑재되어 있다. 각 구성 장비의 세부 성능은 Table 5와 같다.

Table 5. Hardware Configuration of Test Environment

	OS	Mem	GPU	CPU
Desktop	Windows 7 Enterprise K 64bit	8GB	NVIDIA Quadro P2000	Intel Core i7-3770 3.40GHz
IPN (Support)	Wind River Linux	4GB	-	Intel Core i7-610E 2.53GHz
IPN (Tactical)	Wind River Linux	4GB	-	Intel Core i7-610E 2.53GHz
OSD	Wind River Linux	4GB	-	Intel Core i7-610E 2.53GHz

1. Analysis of the Basic Operational Naval Combat Management System Running Time

본 논문에서 분류한 함정 전투관리체계 운용 분류를 기준으로 각 항목의 운용을 위해 필요한 대기시간을 측정하였다. 아래 Table 6, 7, 8은 본 논문에서 분류한 전투관리체계 운용 분류에 따른 대기시간을 10회 측정한 결과값의 평균이다. 함정 전투관리체계를 기본적으로 운용할 수 있는 전자해도, 주전시화면, 보조전시화면이 실행이 완료된 상태이고, 함기준센서 연동을 통해 자함 정보를 운용자에게 제공하기까지의 시간을 측정하였다.

Table 6. Running Time Measurement Test of a Basic operational Naval Combat Management System.

Scoped of Test Operation	Exist Software	Proposed Software
A Basic Operational Naval Combat Management System.	7min 28sec	2min 21sec

Table 6과 같이 본 논문에서 제안한 방안이 적용된 함정 전투관리체계의 측정 시간은 평균 2분 21초로 기존 7분 28초에 비해 대기시간이 약 68.5% 감소하였다.

Table 7. Running Time Measurement Test of a Naval Combat Management System

Scoped of Test Operation	Exist Software	Proposed Software
A Naval Combat Management System	7min 28sec	3min 27sec

Table 7과 같이 본 논문에서 제안한 방안이 적용된 함정 전투관리체계에서 최소 교전 임무를 위한 대기시간 측정 결과는 평균 3분 27초로 기존 7분 28초에 비해 대기시간이 약 53.8% 감소하였다.

Table 8. Running Time Measurement Test of an Integrated Naval Combat Management System

Scoped of Test Operation	Exist Software	Proposed Software
An Integrated Naval Combat Management System	7min 28sec	6min 50sec

Table 8과 같이 본 논문에서 제안한 방안이 적용된 함정 전투관리체계에서 사용자 인증 전 운용에 필요한 SW를 미리 실행함으로써 기존 함정 전투관리체계 대비 대기시간이 소폭 감소하였다. 대기시간 측정 결과는 평균 6분 52초로 기존 7분 28초에 비해 대기시간이 약 8.5% 감소하

었다. Table 6, 7, 8에서 측정된 결과로 기존 함정 전투관리체계와 비교하여 대기시간이 감소됐음을 확인할 수 있었다. 각 운용 분류별 대기시간 감소 효과는 운용자가 작전 수행 시 기존보다 더 신속하게 함정 전투관리체계 접속 및 운용이 가능하게 되었다.

2. Analysis of the Re-Login Test Time

함정 전투관리체계 재접속시간을 측정하여 비교하였다. 아래 Table 9는 운용 중인 함정 전투관리체계를 로그아웃 후 동일한 운용자와 역할로 로그인하는 시험을 통해 재접속 시간을 10회 수행하여 측정된 평균 결과값이다.

Table 9. Running Time Measurement Test of Re-Login Time of Naval Combat Management System

Scoped of Test Operation	Exist Software	Proposed Software
Re-Login Time of Naval Combat Management System	2min 28sec	42sec

Table 9와 같이 본 논문에서 제안한 방안이 적용된 함정 전투관리체계의 재접속 측정 시간은 42초로 기존 2분 28초에 비해 약 74.6% 감소하였다. 이는 로그아웃 후 별도의 체계접근통제 소프트웨어 화면을 전시하지 않고, 역할별 소프트웨어 실행을 활성화/비활성화로 변경하였기에 재접속 시간의 감소를 확인할 수 있었다. 또한, 기존 함정 전투관리체계 재접속과 동일하게 로그아웃, 사용자 인증, 로그인 순으로 진행되기에 보안 취약점은 없는 것으로 확인되었다. 운용자가 다른 작전을 수행하기 위해 역할을 변경할 때 재접속 과정이 필수로 요구된다. 이러한 재접속 시간 감소 효과를 통해 운용자는 더 신속한 함정 전투관리 체계에 접속과 작전 수행이 가능할 것이다.

V. Conclusions

함정 전투관리체계의 체계접근통제는 높은 보안성과 체계 운용 안정성을 추구하는 방향으로 개발되었다. 하지만 긴급 상황에서의 함정 전투관리체계 생존성을 보장할 수 없고, 함정 전투관리체계를 운용하기 위해 비교적 긴 대기 시간이 요구되어 불편함을 초래하였다. 본 논문에서는 함정 전투관리체계 운용 대기시간을 단축하고, 최소 운용을 보장하여 전투관리체계 생존성을 높이는 연구를 진행하였다. 체계접근통제 소프트웨어의 환경 구성 방안과 사용자 인증 방안을 새롭게 설계하였으며, 생존성 향상을 위해 함

정 전투관리체계 운용 분류를 3가지로 분류하여 적용하였다. 추가로 함정 전투관리체계 전시 소프트웨어 실행 간 대기시간을 단축하기 위해 병렬 프로세스를 적용하였다. 본 논문에서 제안한 방안을 적용하여 함정 전투관리체계의 기본 운용, 교전 임무 수행, 역할별 임무 수행을 위한 대기시간을 측정하였으며, 기존 함정 전투관리체계 대비 감소하였음을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 체계접근통제 소프트웨어가 함정 전투관리체계에 적용된다면 안정성과 생존성이 크게 향상될 것이며, 함정 전투관리체계 운용 시 높은 효율을 낼 수 있을 것이다. 향후 연구로 서버 및 데스크탑 가상화 솔루션이 적용된 함정 전투관리체계 구성하여 본 연구를 통해 개선된 체계접근통제 소프트웨어 적용 가능성에 대한 연구를 진행할 것이다.

REFERENCES

- [1] SoonJoo Ko, DoHyun Park. "An Examination On Overseas Technology Trend and Domestic Development pattern of the naval Combat Management System." Journal of the Korean Association of Defense industry Studies, Vol. 16, No 2, pp.237-258, Dec. 2009.
- [2] SoonJoo Ko, "Development and Advance of Combat System in preparation for Network-Centered Warfare" The Magazine of the IEEE, 37(11), pp.27-38, Nov 2010.
- [3] DaeYoung Park, DongHan Jung, MoonSeok Yang, "Multi Function Console display configuration and HCI design to improve Nava Combat System operability", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 24, No. 12, pp. 75-84, Dec 2019. DOI: <https://doi.org/10.9708/jksci.2019.24.12.075>
- [4] SangMin Kwon, SeungMo Jung, "Virtualization based high efficiency naval combat management system design and performance analysis", Journal of the Korea Society of Computer and Information Vol. 23, No. 11, pp. 9-15, Nov 2018. DOI: <https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.11.009>
- [5] HunYong Shin, JooYong Kim, "Research of OSD Standardization in Naval Combat System" The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.354-355, Oct 2012.
- [6] Wonjung Lee, "Study for Adapting Precision Time Protocol in Combat System", Korea Institute of Military Science and Technology, Vol.1, No.1, pp.1167-1168, June 2017
- [7] DSS, <https://www.omg.org/omg-dds-portal/>
- [8] Data Distribution Service for Real-Time System Specification, OMG, March 2004.
- [9] Yong-Geun Hong, Gi-Tae Choi, and Seung-Gun Baek, "Analysis of Secure DDS Discovery Time And Probability on Various-Sized Distributed Systems", Journal of the Korea Institute of Information

- and Communication Engineering, Vol. 27, No. 10, pp. 1270-1277, 2023. DOI: 10.6109/jkiice.2023.27.10.1270
- [10] MoonSeog Kang, Sunghwa Park, Jaemin Lee, DongSeong Kim, "Design and Implementation of System Status Management Software for Naval Combat System" The Journal of Communications and Networks. pp.460-461, June 2018
- [11] Eunseong Lee, Jungho Kim, Beomjoon Yang, Seongsoo Hong, "External Context-Based Selective Resource Utilization Control Technique for Reducing Boot Time of Linux-Based Robot System", The Korean Society of Computer Information Conference, pp147-150, Jan 2017
- [12] Asberg, Mikael & Nolte, Thomas & Joki, Mikael & Hogbrink, Jimmy & Siwani, Saher, "Fast Linux bootup using non-intrusive methods for predictable industrial embedded systems", Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), Sep 2013. DOI:10.1109/ETFA.2013.6648027
- [13] WonHyuk Sung, YoungHo Kong, Kipyoo Kim, WoongGie Han, "A Study on safety Plans for Weapons System in the Naval Combat System", Korea Institute of Military Science and Technology, Vol.1, No.1, pp.119-121, June 2011
- [14] KiTae Kwon, "A Study on Emergency Quick Reaction to Threats in Combat System of battleship", Korea society for Naval Science & Technology, Vol.1, No.6, pp.1-2, July 2020

Authors



Jong-Hyeon Im received the B.S. degrees in Computer Engineering from Kumoh National Institute of Technology, Korea, in 2015. He is currently working in Hanwha Systems Co., Ltd.

He interested in Naval Combat System and Combat Management Software.