

잠수함구조함 구조작전체계의 체계통합 아키텍처 연구

최관선
한화시스템

A Study on System Integration Architecture of the Rescue Operation System of Submarine Rescue Ship

Kwan Seon Choi
Hanwha Systems

Abstract : This paper is the result of a study conducted in the ship concept design stage on the concept of system integration of the submarine rescue systems to be mounted and operated on the next submarine rescue ship (ASR-II Batch II) of the Korean Navy. In this paper, the concept of realization of naval ship system integration is considered, the operational concept of the next submarine rescue ship is analyzed, the requirements of the rescue operation system were analyzed, and the conceptual architecture (draft) of the rescue operation system was designed and proposed to meet the naval ship system integration policy.

Key Words : SSI(Ship System Integration), SRS(Submarine Rescue Systems), OA(Open Architecture)

Received: September 23, 2020 / **Revised:** November 30, 2020 / **Accepted:** December 18, 2020

* 교신저자 : Kwan Seon Choi, knsn.choi@hanwha.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. 서론

한국 해군은 개방형 구조(Open Architecture) 기반의 함정 탑재 무기체계 표준화 개발 기본지침과 『함정 설계/건조 기준』 체계통합 관리지침을 제정하고 향후 도입되는 함정의 체계통합 수준을 향상시킬 예정이다.[1]

현재 한국 해군은 잠수함 전력을 장보고-I(209급) 잠수함, 장보고-II(214급) 잠수함과 장보고-III(3000톤급) 잠수함으로 톤수 및 수량에서 확대 운용함에 따라 잠수함구조함도 확대 운용할 예정이다. 한국 해군은 최초 잠수함구조함인 청해진함(ASR-I)을 1990년대 중반에 전력화하여 운용 중이며, 기존 청해진함보다 성능과 내해성이 향상된 차기 잠수함구조함(ASR-II Batch I) 1척을 2022년까지 설계 및 건조하여 전력화할 예정이다. 한국 해군은 장기적으로 차기 잠수함구조함 1척(ASR-II Batch II)를 추가로 확보할 계획도 갖고 있다.

청해진함과 차기 잠수함구조함(ASR-II Batch I)의 주요 탑재 장비는 음탐장비(Sonar), 심해잠수구조정(DSRV, Deep Submergence Rescue Vehicle), 수중무인탐사기(ROV, Remotely Operated Vehicle), 심해잠수체계(DDS, Deep Diving System) 등이며, 이 구조체계들은 독립적으로 분산 운용하도록 설계되어 한국 해군이 지향하고 있는 함정의 체계통합 수준에 못 미치고 있는 실정이다.

이에 한국 해군은 차기 잠수함구조함 Batch II부터 함정에 탑재되는 구조체계들을 적정 수준으로 통합하는 것을 검토하고 있다.

이와 관련하여 본 논문은 해군의 함정 체계통합 구현 개념을 살펴보고, 차기 잠수함구조함의 운용개념 분석, 구조작전체계의 요구사항을 분석하여 해군 함정체계통합정책에 부합하는 구조작전체계의 개념적 아키텍처(안)를 설계하고 제시한다.

2. 해군의 함정 체계통합 구현 개념

2.1 함정 체계통합 구현을 위한 접근법

함정 체계통합은 기술발전추세에 따라 다수의 복잡한 체계들이 함정에 탑재됨을 고려 이러한 체계들의 유기적으로 연동/통합함으로써 대상 함정의 전투력 및 운용효율을 극대화하고 수명주기 간 함정의 성능을 유지하기 위한 개념이다. 함정에 대한 체계통합은 두 가지 접근법을 가지며, 다음과 같다.

(1) 함정(플랫폼) 관점에서 함정 탑재체계/장비의 설계 및 획득 간 개방형 구조 및 통합네트워크 적용을 통해 함정의 자동화체계 및 다수의 하부체계를 연동/통합할 수 있는 기틀을 구축

(2) 단위 체계/장비 관점에서 기술발전추세 고려 전투성능 및 운용효율 향상을 위해 탑재체계와 연동/통합할 수 있도록 H/W 및 S/W의 체계통합 요소를 식별하여 성능개량 및 개선을 추진

2.2 함정 체계통합 간 고려 사항

『함정 설계/건조 기준』 체계통합 관리지침(안)은 그림 1과 같이 함정의 체계통합 간에 개념적 측면, 기술적 측면과 사업적 측면의 고려사항을 준수할 것을 권고하고 있다. 개념적 측면의 세부 고려사항에는 운용개념, 해군관습, 함형특성, 인간능력 및 병력 절감이 포함된다. 기술적 측면의 세부 고려사항에는 탐지체계, 기술성숙도, 체계안전성, 개방성, 최적화, 통합수준, HMI가 포함된다. 사업적 측면의 세부 고려사항에는 획득방안, 전력화 시기 및 후속군수 지원 사항이 포함된다.[1]



[Figure 1] Considerations when integrating the ship's systems

3. 차기 잠수함구조함 운용개념 분석

3.1 운용개념

차기 잠수함구조함은 잠수함 조난이 발생할 때 탑재한 지휘통제장비를 사용하여 탐색 및 구조작전을 지휘통제하고, 탑재 센서를 사용하여 조난잠수함을 탐색하고, 탑재 구조장비를 사용하여 조난승조원을 구조하며, 조난잠수함에 긴급구명지원물품(ELSS: Emergency Life Support Stores)을 공급한다. 일반적인 잠수함구조함의 운용개념도는 그림 2와 같다.

차기 잠수함구조함은 탐색 및 구조작전을 위해 수중무인체계(ROV), 심해구조잠수정(DSRV), 인원이승캡슐(PTC), 자동함위장치(DP) 등의 장비들을 탑재 운용할 예정이며, 구조작전체계는 현 단계에서 탑재 운용 가능성을 검토하고 있다.



[Figure 2] Concept of operation of submarine rescue ship

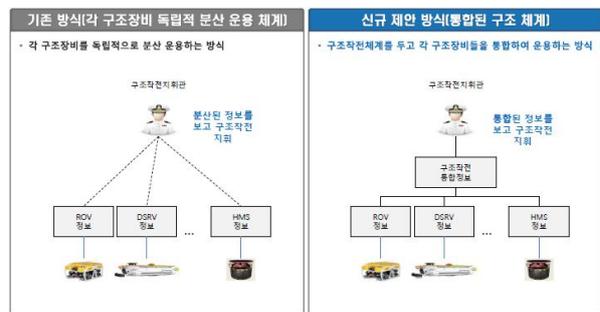
3.2 구조작전체계 운용 효과

잠수함 조난이 발생하여 조난신호를 탐지할 때, 잠수함구조함은 다양한 정보소스(조난잠수함, 선박, 함정, 항공기, 지상부대)으로부터 조난 관련 정보를 수집하고, 자체 수집된 정보를 전파해야 한다. 조난 잠수함을 탐색할 때, 잠수함구조함은 함동/협동하는 항공기, 타 함정들과 간섭을 방지하며 효율적으로 탑재한 수중센서들을 운용해야 한다. 조난잠수함을 구조할 때, 다양한 수중통신 수단 간의 간섭을 방지하며 조난잠수함과 상호 긴밀히 통화해야 하며, 다

양한 수중 탐지장비 및 수중 구조장비들을 간섭없이 운용해야 한다. 또한 잠수함구조함은 종합적으로 구조상황을 분석하여 구조작전을 지휘통제 해야 한다.

기존 운용 중인 잠수함구조함은 그림 3의 기존 방식(각 구조장비 독립적 분산 운용 체계)을 사용하고 있다. 이러한 분산 운용방식은 수중센서 간 간섭 통제 및 구조 장비 간 간섭 통제가 어렵고 종합적인 상황분석 및 적기 지원이 어려웠다.

하지만 차기 잠수함구조함은 신규 제안 방식(통합된 구조 체계)을 사용하여 수중센서 간 간섭 통제 및 구조 장비 간 간섭 통제가 가능하고 종합적인 상황분석 및 적기 지원이 가능하므로 표 1과 같은 구조 효과를 볼 수 있을 것이다.



[Figure 3] Comparison of operation methods of rescue equipment

<Table 1> Advantages and disadvantages of operation method of rescue equipment

구 분		기존 방식 (분산)	신규 방식 (통합)
효과	구조작전 지원능력	미흡 · 개별 구조장비의 상태/임무 정보를 수집, 종합적인 상황분석 및 적기 지원 불가	우수 · 개별 구조장비의 상태/임무 정보를 수집, 종합적인 상황분석 및 적기 지원 가능
	구조정보 충분성	미흡 · 분산된 임무 수행 정보	우수 · 통합된 임무수행 정보+지원정보(자료)
	구조정보 실시간성	미흡 · 정보전달 지연	우수 · 정보전달 신속

3.3 과제 분석

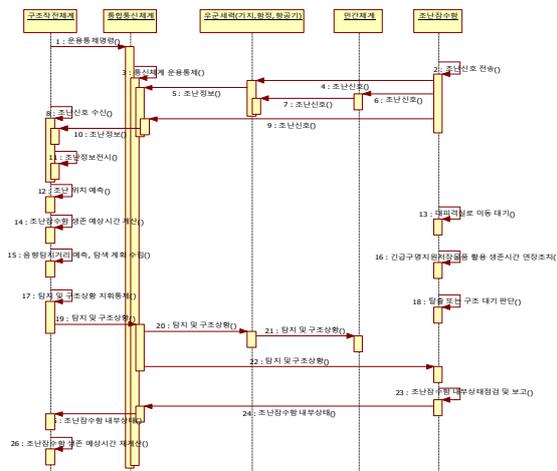
다양한 통신장비, 탐지장비, 구조장비를 연동 및 통합하는 구조작전체계의 개념적 아키텍처(안)를 설계하기 위해 각 연동장비들과 구조작전체계 간에 발생하는 과업과 연동정보를 식별해야 한다.

본 논문은 공개된 NATO ATP/MTP-57 조난잠수함 탐색 및 구조작전 매뉴얼[4]과 NATO ANEP/MNEP- 86 잠수함 생존과 탈출에 대한 기술적 의뢰적 표준 및 요구사항[5]을 참고하여, 잠수함구조함이 탐색 및 구조작전에서 수행하는 주요 과업을 조난신호 수신 및 구조상황 전파, 탐색 및 위치 결정, 구조로 구분하고 과제 순서(task sequence)를 분석하여 연동정보를 식별하였다.

3.3.1. 조난신호 수신 및 구조상황 전파

조난된 잠수함은 조난상태를 긴급히 수상 부대에 전송하여야 한다. 조난잠수함은 조난신호를 주 통신 수단인 UWT(Underwater Telephone), 정전 시 사용할 수 있는 비상용 UWT, 잠수함 표시기 부표 등을 이용하여 수상 부대에 전달할 수 있다.

잠수함구조함이 조난구역에 작전 중이라면 직접 조난신호를 수신할 수 있고, 타 지역에 작전 중이라면 조난신호를 수신한 상급 부대 또는 타 함정으로 부터 전송받을 수 있다.



[Figure 4] Sequence diagram of signal reception and rescue situation propagation

잠수함구조함이 조난신호를 수신하면, 조난정보 전시, 조난 위치 예측, 조난잠수함 생존 예상시간 계산, 음탐탐지거리 예측 및 탐색 계획 수립을 하고 탐지 및 구조상황을 전파할 것이다.

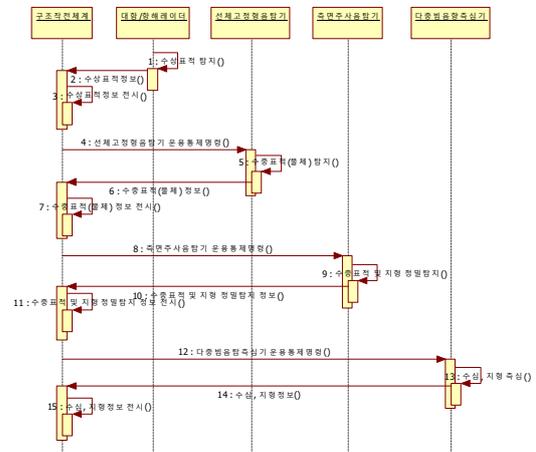
이 과업에 대한 순서 다이어그램을 그림 4와 같이 작도하였다.

3.3.2. 탐색 및 위치 결정

잠수함구조함은 수립된 탐색 계획에 따라 조난 예측 위치(Datum)로 이동하고, 조난 예측 위치에 도착하면 탑재한 수중 센서를 활용하여 조난잠수함을 탐색하고 정확한 조난잠수함 위치를 결정하게 된다.

이때 구조작전체계는 수중센서 간 간섭방지 및 탐지 정밀도에 따른 효과적 운용을 위해 수중센서로 운용통제 명령을 전송하고, 수중센서가 탐사하고 보내온 탐사정보를 수신하여 다기능콘솔에 전시하게 된다.

이 과업에 대한 순서 다이어그램을 그림 5와 같이 작도하였다.

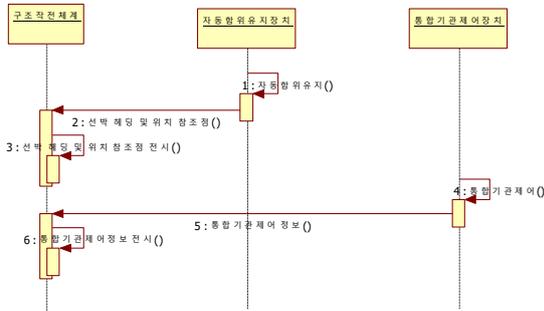


[Figure 5] Sequence diagram of search using sonar and sounder

잠수함구조함은 자동함위유지장치와 통합기관제어장치를 이용하여 구조함을 조난 잠수함의 상부에 고정시키게 된다. 이 과업에서 구조작전체계는 자동함위유지장치가 전송한 선박 헤딩 및 위치 참조점 정보를 수신하여 다기능콘솔에 전시하고, 통합기관

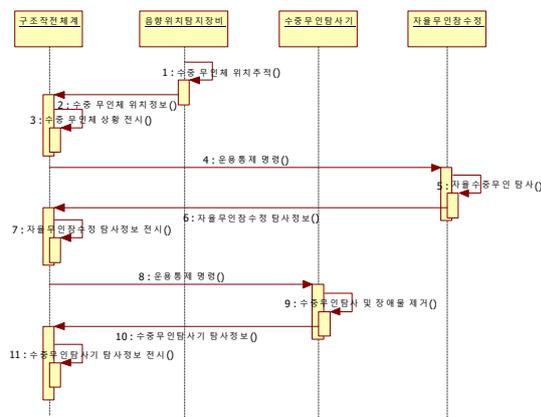
제어장치가 전송한 통합기관제어 정보를 수신하여 다기능콘솔에 전시하게 된다.

이 과업에 대한 순서 다이어그램을 그림 6과 같이 작도하였다.



[Figure 6] Sequence diagram of ship position keeping

잠수함구조함은 조난잠수함의 상부에 위치가 고정되면, 탑재하고 있던 수중무인탐사기, 자율무인잠수정 등의 수중 정밀탐색장비들을 수중으로 하강시켜 원격으로 조종하며 해저에 침몰된 조난잠수함의 자세 및 상태, 해저지형 상태 등을 정밀히 조사하고, 구조에 장애가 되는 장애물을 제거하는 작업을 하게 된다. 이 과업에서 구조작전체계는 구조작전에 투입되는 다양한 수중 정밀탐색장비들이 상호 간섭없이 작업을 할 수 있도록 과업, 과업 구역, 탑재 센서 운용 등에 대한 조종 및 운용통제 명령을 수중 정밀탐색장비로 전송하고, 수중 정밀탐색장비가 탐사하여 보

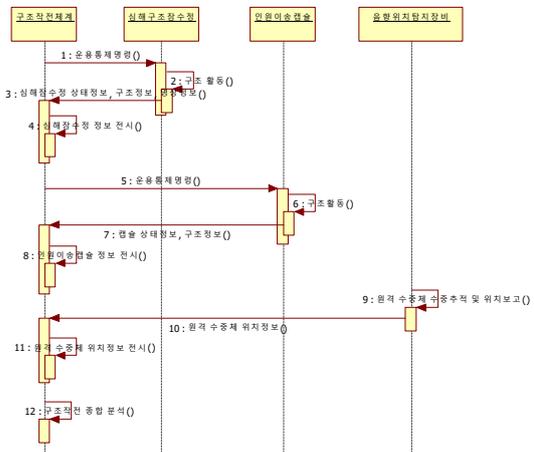


[Figure 7] Sequence diagram of search task using underwater unmanned systems

내온 탐사정보를 수신하여 다기능콘솔에 전시하게 된다. 이 과업에 대한 순서 다이어그램을 그림 7과 같이 작도하였다.

3.3.3. 구조

잠수함구조함은 조난잠수함의 상태 및 해저상태가 파악되고 구조할 조건이 도달되면, 심해구조잠수정, 인원이송캡슐, 음향위치탐지장비 등의 수중 구조장비를 이용하여 조난잠수함의 승조원들을 구조하게 된다. 이 과업에서 구조작전체계는 구조작전에 투입되는 다양한 수중 구조장비들이 상호 간섭없이 구조작업을 할 수 있도록 과업, 과업 구역, 탑재 센서 운용 등에 대한 조종 및 운용통제 명령을 수중 구조장비로 전송하고, 수중 구조장비들이 구조하면서 보내오는 장비상태정보, 구조정보, 영상정보 등을 수신하여 다기능콘솔에 전시하게 된다. 구조작전체계는 구조작전이 종료되면 구조작전 종합 분석을 지원한다. 이 과업에 대한 순서 다이어그램을 그림 8과 같이 작도하였다.



[Figure 8] Sequence diagram of rescue task

4. 차기 잠수함구조함 구조작전체계 개념적 아키텍처(안)

4.1 한국형 개방형 구조의 컴퓨팅 환경(OACE) 표준(안) 준수

차기 잠수함 구조작전체계를 설계할 때 함정 체계통합 관리지침에 따라 그림 9의 통합함정컴퓨팅 환경(TSCE: Total Ship Computing Environment) 구조를 적용하여 함정 통제체계를 기능적으로 통합해야 한다.



[Figure 9] TSCE Architecture

이것은 H/W, 운영체제, 미들웨어까지의 계층에 대해 인터페이스를 표준화한 환경을 기반으로 전투 관리체계에 적용된 개방형 구조의 컴퓨팅 환경(OACE: Open Architecture Computing Environment) 개념을 적용하는 것이다.

4.2 구조작전체계 H/W 구성(안)

4.2.1 H/W 요구사항 분석

개념설계단계에서 제공된 구조작전체계 구성장비 예상(안)은 다음과 같으며 보안상 숫자는 기입하지 않았다.

- 시스템 캐비닛 : 0 lot
- 다기능콘솔 : 0 ea
- 대형화면전시기 : 0 ea
- 함교전시기 : 0 ea
- 콘솔원격전시기 : 0 ea
- 출력장치 : 0 ea

연동대상장비는 표 2와 같으며, 연동 내용은 운용 개념 과업분석 시 식별된 연동정보를 반영하였다.

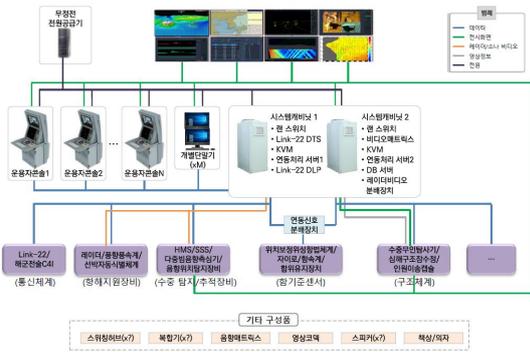
<Table 2> Equipments to be linked to rescue operation system

연동 대상장비 (통합 수준)	연동 내용 (송신 →; 수신 ←; 송수신 ↔)
대함/항해 레이더 (Level 1 이상)	수상표적 탐지 정보(←)
선체고정형음탐기 (Level 1+ 이상)	운용통제명령(→); 수중표적(물체) 탐지 정보(←)
측면주사음탐기 (Level 2 이상)	운용통제명령(→); 수중표적 및 지형 정밀탐지정보(←)
다중빔음향 측심기 (Level 2 이상)	운용통제명령(→); 수심, 지형 정보(←)
심해구조잠수정 (Level 1 이상)	운용통제명령(→); 심해잠수정 상태정보, 구조정보, 영상정보(←)
인원이송캡슐 (Level 1 이상)	운용통제명령(→); 캡슐 상태정보, 구조정보(←)
수중무인탐사기 (Level 1 이상)	운용통제명령(→); 수중무인탐사기 탐사정보(←)
자율무인잠수정 (Level 1 이상)	운용통제명령(→); 자율무인잠수정 탐사정보(←)
음향위치탐지장비 (Level 1 이상)	수중 무인체 위치정보(←)
자동함위유지장치 (Level 1 이상)	선박 heading 및 위치 참조점(←)
통합기관제어장치 (Level 1 이상)	통합기관제어 정보(←)
통합통신체계 (Level 2 이상)	운용통제명령(→); 조난정보, 탐지 및 구조상황, 조난잠수함 내부상태 정보(←)
추가 연동장비	추가 연동 정보(←)

4.2.2 구조작전체계 H/W 구성(안)

잠수함구조함의 구조작전체계의 체계 구성(안)은 000함의 종합정보전시체계(IIDS, Integrated Information Display System) 아키텍처를 참고하고,[3] H/W 요구사항을 반영하여 그림 10과 같이 작성하였다. 시스템캐비닛은 정보의 중요성을 반영하여 이중화 하였으며, 개별 구조 장비들은 통합내

트위크를 통해 구조작전체계와 연동되도록 구성하였다. 개별 구조장비들이 보내오는 구조 정보를 종합 전시할 수 있도록 구조작전체계에 대형전시기를 반영하였다. 운용자콘솔 수량은 체계 운용개념이 정립되면 반영할 사항이기에 가변적으로 하였다.



[Figure 10] Systems configuration of rescue operation system (draft)

4.3 구조작전체계 S/W 구성(안)

4.3.1 S/W 요구사항 분석

운용개념 분석결과를 기반으로 개념설계단계에서 제공된 구조작전체계의 요구기능을 표 3과 같이 분석하였다. 소요군이 제공한 기존 요구기능 외에 세부 기능에 운용개념의 과업분석에서 식별된 ‘수중통신 및 수중센서 간 간섭 방지를 위해 타 플랫폼과 수중통신 및 센서 운용에 대한 조종 또는 통제하는 기능’과 ‘구조작전에 투입되는 다양한 구조장비들이 상호 간섭없이 탐색 또는 구조작업을 할 수 있도록 과업, 과업 구역, 탑재 센서 운용에 대한 조종 및 운용 통제 기능’을 추가하였다.

<Table 3> Required functions of rescue operation system

요구기능	분석
구조상황 지휘 통제 및 상황전파 기능	<ul style="list-style-type: none"> 표적정보 및 구조상황 전시 기능 구현 필요 표적정보 및 구조상황 전파 기능 구현 필요 수중통신 및 수중센서 간 간섭 방지를 위해 타 플랫폼과 수중통신 및 센서 운용에 대한 조종 또는 통제하는 기능 구현 필요(추가)

함탐재 센서, 무장 등 탑재장비 운용/통제 기능	<ul style="list-style-type: none"> 연동대상장비의 연동 수준 적용 필요 수중통신 및 수중센서 간 간섭 방지를 위해 함탐재 수중통신 및 센서의 운용/통제 기능 구현 필요(추가)
탐색/구조정보 및 작전 현황 종합전시 기능	<ul style="list-style-type: none"> 전자해도 기반의 종합 상황 전시 기능 구현 필요 획득된 정보를 다기능콘솔 전시시기에서 통합 또는 선택하여 전시하는 기능 구현
조류해석 등을 통한 조난 위치 예측	<ul style="list-style-type: none"> 한국해양과학기술원, 해양정보단 등에서 보유한 조류 예측 모델과 자함의 CTD로부터 획득된 유향, 유속 정보를 바탕으로 조난 위치 예측 기능 구현 필요
조난잠수함 생존 예상시간 계산	<ul style="list-style-type: none"> 조난잠수함 선내 승조원 생존 조건을 기반으로 생존 예상시간 계산 기능 구현 필요
음향탐지거리 예측, 탐색 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> 획득된 유향, 유속, 염도 및 수온 정보를 바탕으로 자함 음향 센서의 음향탐지거리 예측 기능 구현 필요 가용 센서 및 탐색 구역에 따라 해저 지형정보를 활용한 탐색 계획 수립 기능 구현 필요
해양정보(해저 지형) 분석 기능	<ul style="list-style-type: none"> 해양정보단 등에서 보유 중인 해저지형정보를 확보하고 자함의 센서로부터 획득된 정보를 융합하여 다기능콘솔에 해저 지형 전시 기능 구현 필요
수중 탐색결과 종합/분석	<ul style="list-style-type: none"> 각 센서들로부터 탐색된 정보를 분석하여 결과를 전시하는 기능 구현 필요 조난 잠수함 탐색을 위한 최적 경로 권고 기능 구현 필요
구조장비 위치 확인/유도 기능	<ul style="list-style-type: none"> 구조작전에 투입되는 다양한 구조장비들이 상호간섭없이 탐색 또는 구조작업을 할 수 있도록 과업, 과업 구역, 탑재 센서 운용에 대한 조종 및 운용 통제 기능 구현 필요(추가) 음향위치탐지장비로부터 획득된 구조장비의 위치를 다기능콘솔에 전시하는 기능 구현 필요 최적 탐색 경로 권고 기능 구현 필요

4.3.2 응용 S/W 구성(안)

구조작전체계의 응용 S/W 구성(안)은 표준 개방형 구조를 고려해야 하고, S/W 요구사항을 반영해야 한다.

구조작전체계의 응용 S/W 구조는 전투관리체계에 적용되고 있는 표준 개방형 구조인 9개 서비스분야를 적용하였다. 그리고 소요군의 구조작전체계 요

구기능을 서비스 분야별 구조작전 세부 기능으로 분류하고 컴퓨터 소프트웨어 형상항목(CSCI: Computer Software Configuration Item)으로 식별하여 그림 11과 같이 작성하였다.

탐지/추적 서비스에는 대함/항해 레이더 연동통제 CSCI, 선체고정형음탐기 CSCI, 측면주사음탐기 연동통제 CSCI, 다중빔음향측심기 연동통제 CSCI 등 연동되는 탐지장비들의 연동통제 CSCI를 두었다. 효율적인 구조작전지원을 위해 자료관리 서비스에 표적관리 CSCI, 해양정보/해저지형 분석 CSCI를 두었고, 계획/평가/결심 서비스에 구조작전상황 전시 CSCI, 음탐탐색 계획수립 CSCI, 조난위치 예측 CSCI, 음향탐지거리 예측 CSCI, 수중 탐색결과 종합/분석 CSCI를 두었다. 임무수행 서비스에는 수중무인탐사기 연동통제 CSCI, 심해구조잠수정 연동통제 CSCI, 인원이송캡슐 연동통제 CSCI를 두었다. 연합구조작전 및 민군합동구조작전 지원을 위해 전력계획/협조 서비스에 연합구조작전 CSCI, 민군합동작전 CSCI를 두었다.



[Figure 11] Application S/W configuration of rescue operation system (draft)

5. 결론

본 논문은 해군의 함정 체계통합 구현 개념을 살펴보고, 차기 잠수함구조함(ASR-II Batch II)의 운용개념의 과업분석을 통해 탑재하는 다양한 통신장비, 탐지장비, 구조장비 등의 연동장비들과 구조작전 체계 간에 발생하는 과업과 연동정보를 식별하였다.

소요군의 구조작전체계 요구기능을 분석하여 ‘수

중통신 및 수중센서 간 간섭 방지를 위해 타 플랫폼과 수중통신 및 센서 운용에 대한 조종 또는 통제하는 기능’과 ‘구조작전에 투입되는 다양한 구조장비들이 상호 간섭없이 탐색 또는 구조작업을 할 수 있도록 과업, 과업 구역, 탑재 센서 운용에 대한 조종 및 운용 통제 기능’을 추가하였다.

그리고 운용개념의 과업분석 결과와 요구사항 분석 결과를 반영한 구조작전체계의 개념적 아키텍처(안)를 설계하여 제시하고, 함정 체계통합 관리지침에 따라 통합합성컴퓨팅환경(TSCE) 구조를 적용하여 함정 통제체계를 기능적으로 통합해야 함을 강조하였다.

본 연구는 차기 잠수함구조함(ASR-II Batch II)의 개념설계의 일부 내용 검토 차원에서 이루어졌기에 기본설계부터 구체화한 장비들의 기능, 성능 및 비용 자료가 구성 대안 분석에 반영되어 의사결정이 이루어져야 하고, 구조작전체계 아키텍처(안)도 구체화하여야 할 것이다.

향후 체계 설계 및 개발에 본 논문이 기여하길 기대해 본다.

References

- 『함정 설계/건조 기준』 체계통합 관리지침 제정(안) 검토 요청, 해군본부, 2020, p4, 2020.
- 신현인, “잠수함구조체계 개발동향 및 구축방향”, KIDA 주간국방논단, 제1569호(15-22), 2015.
- 『000함 종합정보전시체계(IIDS)』 성능개선사업 제안요청서, 해군작전사령부, 2019.
- NATO STANDARD ATP/MTP-57 The Submarine Search and Rescue Manual, Edition C Version 2, Nov. 2015.
- NATO STANDARD ANEP/MNEP-86 Technical and Medical Standards and Requirements for Submarine Survival and Escape, Edition A Version 1, July 2014.