

# 자율운항 선박에서의 원격제어 요구분석 및 시스템 구조 기본설계

이희용\*

\*(주)지엠티 기업부설연구소 상무이사

**요약** : 2020년부터 우리나라에서 IMO 레벨 3의 자율운항선박 개발이 시작되었다. 본 기고는 자율운항 선박의 원격제어를 위한 시스템의 요구 사항을 분석하고 정리하였다. IEC 61162-450 프로토콜을 기본 제어 프로토콜로 하여, 기존 Legacy 항해통신장비와 원격제어시스템이 Seamless하게 연동하도록 설계하였다.

**핵심용어** : 자율운항선박, 육상원격제어, 원격제어시나리오, IEC 61162-450, IEC61162-1

### 연구개발의 개요

<b>연구개발 목표</b>	자율운항선박 비상상황 육상제어 원격제어시스템 개발
<b>연구개발 내용</b>	자율운항선박 비상상황 육상제어기 개발
<b>연구개발성과</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>비상상황 시나리오 개발: 자율운항선박 비상상황 시나리오 및 운영지침 1건</li> <li>원격모니터링 시스템 개발: 자율운항선박 운항정보(AIS 등) 원격모니터링 시스템, 원격제어자 만족도 99.0%</li> <li>원격제어시스템 개발: 100km이내 비상시 상황별 원격제어시스템(항해, 기관 원격제어 가능), 상황별 원격제어 성공률 99.9% 이상</li> <li>사업 내 타 과제와의 연계개발 및 성과공유: 연2회 이상 참여</li> </ol>
<b>활용계획 및 기대효과</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>IMO Level 3 자율운항선박 개발에 적용</li> <li>자율운항선박 비상상황 원격모니터링 및 원격제어를 통한 해양사고 저감</li> <li>기술개발 시스템 사업화 및 표준화를 통해 자율운항선박 분야 신산업의 원동력 제공</li> <li>자율운항선박 육상제어기술을 활용한 ICT 융합형 전문인력 양성과 일자리 창출</li> </ol>
<b>핵심어(5개 이내)</b>	자율운항선박, 원격제어기술, 원격제어시스템, 원격모니터링, 비상 시나리오

### 사용자 서비스 시나리오

순번	사용자/이해관계자	소속	역량	관심사항
1	육상제어담당자	육상제어센터	선박제어	이동할로 설정, 항로안전성 (충돌, 좌초 고라)
2	육상제어감독관	육상제어센터	선박제어감시	상동
3	육상제어센터장	육상제어센터	센터총괄	검토필요
4	육상제어 승인자	검토필요	선박제어 승인	검토필요
5	육상제어 시설담당	미정	장비 오류 발생시 복구	원격제어센터 시스템의 상태 원격제어선박과의 통신상태
6	선박승선원	선박	제어상황 모니터링	원격제어 수행 여부 선박의 안정적인 원격 제어
7	VTS	해양수산부	육상제어센터와의 협업	원격제어대상선박이 항만관제에 영향을 미치지 여부, 기존 승선 선박에 대한 관제 지원
8	선사/선주	-	-	소유선박의 안전한 제어

### IMO Level 3 자율운항선박 원격제어 최종 목표

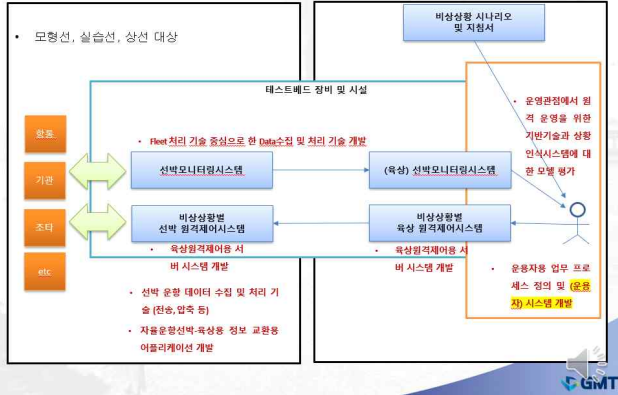
<b>□ 최종목표</b>	자율운항선박 비상시(충돌, 항로이탈 등) 상황별 육상에서 제어할 수 있는 원격제어 시스템 개발		
<b>○ 주요 성과지표</b>			
<b>성과목표</b>	<b>성과지표</b>	<b>목표지</b>	<b>평가기준</b>
자율운항선박, 비상시 상황별 원격제어 시스템	비상상황 시나리오 개발 원격 모니터링 시스템(HW, SW)	자율운항선박 비상상황 시나리오 및 운영지침 1건 개발 -자율운항선박 운항정보(AIS 등) 원격모니터링 시스템, 원격제어자 만족도 99.0% 이상	공인기관평가 성급인증
사업내 타 과제와의 연계 개발	사업내 타 과제와의 연계개발 및 성과공유	-100km이내 비상시 상황별 원격제어 시스템(항해, 기관 원격제어 가능), 상황별 원격제어 성공률 99.9% 이상	성급인증
<b>□ 최종성과물</b>	연 2회 이상 참여		
<b>○ 원격 모니터링 시스템(HW, SW)</b>	과제간 연구추진 실적 공유(반기별 1회 이상)		
<b>○ 원격 제어 시스템(HW, SW)</b>			

### 서비스 시나리오

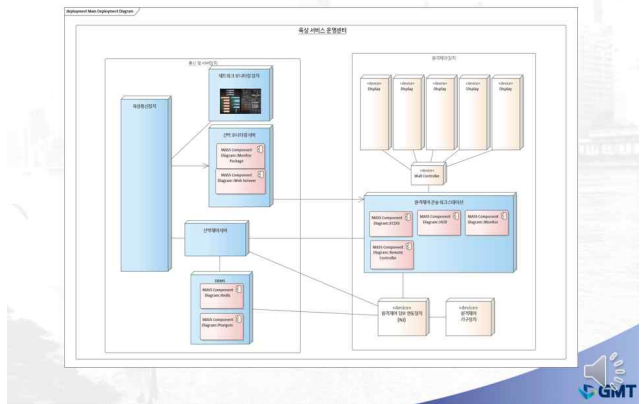
구분	사용 시나리오 (원격제어센터 관점)	비고
원격제어를 위한 선박 연동	<ul style="list-style-type: none"> <li>육상제어 요청 또는 상황발생 시</li> <li>육상제어 수행여부를 감독관(또는 법적권한을 가진 승인자)에게 승인을 받고</li> <li>육상센터의 제어 시스템이 정상적으로 동작하는 지 자체 테스트를 수행하고 결과를 확인한다</li> <li>원격제어 대상 선박에 통신상태확인 접속정보 전달 및 제어 요청 (Request)</li> <li>원격제어 대상선박은 육상센터에 제어가능 확인 및 접속정보 제공 (Response)</li> </ul>	
선박 상태정보 및 제어관련정보 수신	<ul style="list-style-type: none"> <li>원격제어 대상선박은 원격제어 관련 센서정보를 제공</li> <li>육상센터에서는 관련 센서 원격제어 대상 선박 상태정보를 수신하여 시각적으로 모니터링</li> <li>육상센터에서는 제어가능 한 상태까지 정보교환이 원활한지 최종 확인 (네트워크상태, 제어명령 교환 상태 등)</li> </ul>	
비상상황에 시나리오 따른 선박 원격제어 수행	<ul style="list-style-type: none"> <li>육상센터에서는 원격제어를 통한 항로계획 수립 및 항로계획 정보를 선박과 VTS센터 (또는 관계기관) 등과 공유</li> <li>비상상황으로 선박원격제어 수행 중임을 관련선박/기관 전파</li> <li>대상선박 원격제어 시작 및 제어메시지 전달</li> <li>대상선박으로부터 제어 메시지 수행여부 확인 (ACK)</li> <li>선박 이동장르 및 안전상태 모니터링</li> <li>다중 원격제어 명령 전송 및 수행여부 확인, 상태모니터링(계속)</li> </ul>	충돌상황, 항로이탈, 선주요청
모박지 모박, 항만 선서에 집인, 원격제어 종료 및 보고	<ul style="list-style-type: none"> <li>항로계획에 따른 최종 목적지 도착 확인</li> <li>감독관 또는 센터승인자에게 원격제어 종료 승인요청</li> <li>원격제어 종료 승인시, 대상선박에게 원격제어 종료 통보</li> <li>관계기관 원격제어 종료 통보 또는 전파</li> </ul>	

\* 중신회원, jimcarry@naver.com

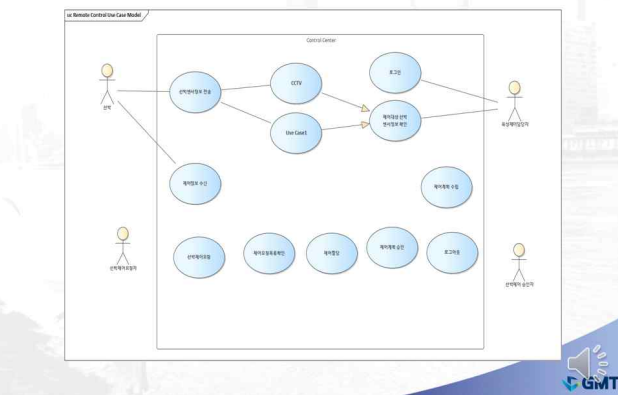
# 시스템 개념 설계



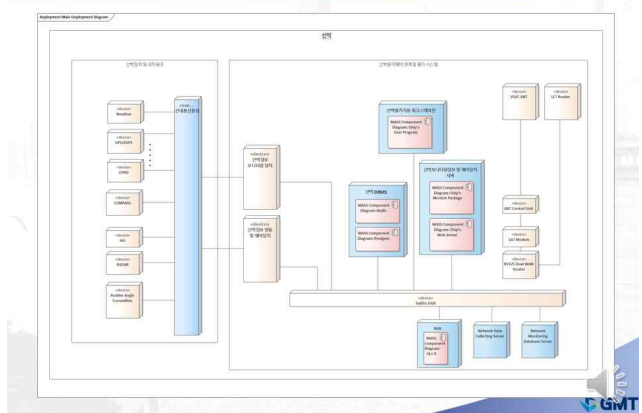
# 육상 서비스 운영 센터 구성



# 시스템 운용 개념 Use Case



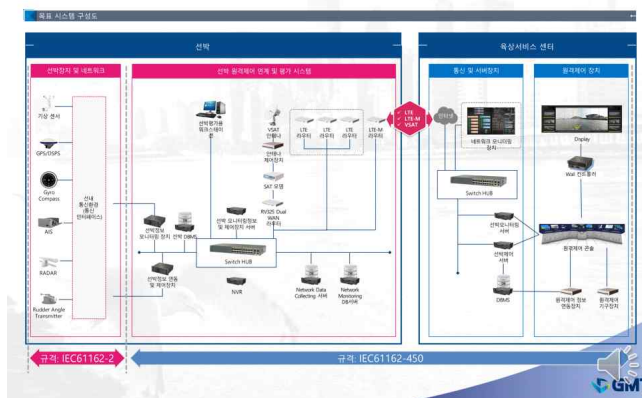
# 선박측 제어 시스템 구성



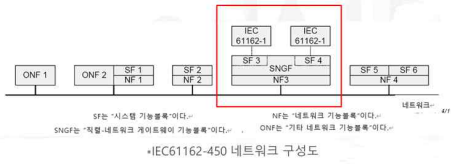
# 목표 시스템 구성도



# 제어 흐름도



## IEC 61162-450 기반의 제어 시스템 구성



## 원격 시스템 제어 요소

구분	내용	비고
1. Rate of Turn and Rudder Limits	• 선박의 기동특성을 고려해야 한다.	
2. Steering Gear Pumps	• 스티어링 기어 펌프는 유압 오일용 펌핑하여 스티어링 기어 장치 (RAM)를 작동시키는 데 사용되며, 이는 방향타를 필요한 방향으로 차례로 이동시킵니다. 즉, 더 많은 펌프가 작동하면 방향타가 더 빠르게 움직입니다.	고려해야 하는지 검토 필요
3. Off Course Alarm	• 항로 이탈 알람 수준 정의 필요 및 원격제어자에게 언제 알람을 제공할지 정의해야 한다.	
4. Manual Mode	• Auto-Pilot장치는 자동모드와 수동모드가 있다.	수동모드 사용
5. Traffic Density	• 주변 교통량과 상태를 고려해야 한다.	
6. Speed	• 원격제어에 적당한 속도 범위를 지정해야 한다.	
7. Weather Conditions	• 해상상태를 고려해야 한다.	해상상태는 평탄한 것으로 가정
8. Gyro Compass	• 자이로컴파스가 없을 때 원격제어를 수행할 수 있는지 검토 필요하다.	
9. Important Alarms and signals	• 선박원격제어 시스템의 알람 및 신호 상태를 확인할 수 있어야 한다.	
10. Important Limitations	• 선박마다 제한조건이 다르다.	

## 제어용 센텐스

### 제어용 센텐스

ACK - Acknowledge Alarm  
 ALR - Set Alarm State  
 HDG - Heading, Deviation & Variation  
 HDT - Heading, True  
 HMR - Heading Monitor Receive.  
 HMS - Heading Monitor Set  
 HSC - Heading Steering Command  
 HTC - Heading/Track Control Command.  
 HTD - Heading/Track Control Data  
 ROT - Rate Of Turn  
 RPM - Revolutions  
 RSA - Rudder Sensor Angle  
 RSA - Rudder Sensor Angle  
 VDR - Set and Drift  
 VHW - Water Speed and Heading  
 VTG - Course Over Ground and Ground Speed  
 XTE - Cross-Track Error, Measured  
 XTR - Cross-Track Error - Dead Reckoning

### 감시용 센텐스

AAM - Waypoint Arrival Alarm  
 BEC - Bearing & Distance to Waypoint - Dead Reckoning  
 BOD - Bearing - Origin to Destination  
 BWC - Bearing & Distance to Waypoint  
 BWD - Bearing & Distance to Waypoint - Rhumb Line  
 BWV - Bearing - Waypoint to Waypoint  
 CUR - Water Current Layer  
 DBT - Depth Below Transducer  
 GSA - Global Positioning System Fix Data  
 GLL - Geographic Position - Latitude/Longitude  
 GSA - GNSS DOP and Active Satellites  
 GSV - GNSS Satellites in View  
 MWD - Wind Direction & Speed  
 MWV - Wind Speed and Angle  
 OSD - Own Ship Data  
 RMC - Recommended Minimum Specific GNSS Data  
 RTE - Routes RTE - Routes  
 TLB - Target Label  
 TLL - Target Latitude and Longitude  
 TTM - Tracked Target Message  
 TUT - Transmission of Multi-language Text  
 TXT - Text Transmission  
 WCV - Waypoint Closure Velocity  
 WNC - Distance - Waypoint to Waypoint  
 WPL - Waypoint Location  
 ZDA - Time & Date  
 ZDL - Time and Distance to Variable Point.  
 VDM - UAIS VHF Data-link Message  
 VDO - UAIS VHF Data-link Own-vessel report

## IEC 61162-450 프로토콜

IEC 61162-450 프로토콜은 다음과 같이 구성된다. 총 42바이트의 UDP 헤더와 최대 1472바이트의 IEC 61162-450 메시지로 구성된다.

6	6	2	20	8	0-1472	4
dmac	smac	type	ip	udp	IEC 61162-450 message	crc32

다음은 회두속도(ROT)를 전송하는 예이다.

6	6	2	20	8	0-1472	4
dmac	smac	type	ip	udp	IEC 61162-450 message	crc32

0	U	d	P	b	IEC 61162-450 header
4	C	w	:	T	
6	\	s	:	T	
10	I	0	0	0	
14	I	:	n	:	
18	3	3	4	*	
22	1	9	\	8	IEC 61162-450 payload
26	T	I	R	O	
30	T	:	1	2	
34	3	:	4	5	
38	*	6	7	<CR>	
42	<LF>				

!c:TB0001\_a:334\*19!STBT01.123.45\*07<CR><LF>

## 목표 시스템의 렌더링



## 향후 계획

1. 원격제어 시나리오 상세화
2. 원격제어를 위한 세부 기능 정의
  - 사용자 추가 검토
  - 시나리오에 따른 기능 분석 및 정의 (Use-Case 분석)
3. 제한조건 세부 검토
  - 실시간 지연발생 모니터링
  - 선박운항 제어명령 지연에 따른 선박행동 분석
  - 지연발생에 따른 제어명령 보상 및 전송 방법

## 후 기

본 논문은 2020년도 해양수산부 및 해양수산과학기술진흥원 연구비 지원으로 수행된 '자율운항선박 기술개발사업 (20200615, 자율운항선박 육상제어 기술개발)'의 연구결과입니다.