creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

석사학위논문

선박 안전운항을 위한 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템 구축에 관한 연구

A Study on the Emergency Situation Support System Based on ICT Technology

울산대학교 산업대학원

산업경영공학전공

조경민

선박 안전운항을 위한 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템 구축에 관한 연구

지도교수 박 주 철

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2022년 01월 13일

울산대학교 산업대학원
산업경영공학전공
조 경 민

조경민의 석사학위 논문으로 인준함

심사위원 박 창 권 (인)

심사위원 조 지 운 (인)

심사위원 박 주 철 (인)

울산대학교 산업대학원

2022년 01월

목 차

Ⅰ. 서론 1
1.1 연구배경 1
1.2. 연구목적 3

Ⅱ. 시스템 구성 4
2.1 시스템 구조도 4
2.2 시스템 환경 6

Ⅲ. 이론적 고찰 7
3.1 Beacon을 이용한 위치 측위 기술 7
3.2 타부 서치 알고리즘을 이용한 센서 노드 배치 8
3.3 3D 형상 경량화 및 뷰어 기술 10
3.4 탈출 경로 탐색알고리즘 기술 11
3.5 AI 기반 3D 시뮬레이션 기술 14
3.6 비상상황용 금속체 통신기술 14
3.7 M&S 시스템 16

Ⅳ. 국내·외 기술현황 및 차별성 18
4.1 국내 기술 동향 및 수준 18
4.2 국외 기술 동향 및 수준 19
4.3 선행 연구와의 차별성 19

Ⅴ. 비상상황 지원시스템 연구 내용 21
5.1 Beacon을 이용한 승선자 측위 21
5.2 선박 3차원 CAD 데이터 현황분석 23
5.3 선박 3차원 모델 경량화 24
5.4 Unity 기반 3D 형상 View 26
5.5 선박 수치 지도 28

5.6 선박 3차원 모델 가시화 ····· 29
5.7 실시간 탈출 경로 탐색알고리즘 ····· 31
1) 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘 ····· 31
2) 최단 경로 탐색알고리즘 ····· 36
5.8 선박 비상상황용 AI 기반 3D 시뮬레이션 ····· 40
5.9 선박 네트워크 기능 손실 대비용 IoT 기반 비상 통신 장치 ····· 41

Ⅵ. 결론 ····· 48

참고 문헌 ····· 49

표 차례

[표 1] 선박 용도별 해양사고 발생 현황 ····· 1
[표 2] Computing environment ····· 6
[표 3] 사람의 보행 별 일정 탈출 속도 ····· 32

그림 차례

[그림 1] 비상상황 지원시스템의 전체 흐름도 ····· 3
[그림 2] 전체 시스템 구조도 ····· 4
[그림 3] 비상상황 지원시스템 Flow chart ····· 5
[그림 4] 비상상황 지원시스템 구성도 ····· 6
[그림 5] Beacon을 이용한 위치 측위 흐름도 (예시) ····· 7
[그림 6] 타부 서치 알고리즘 ····· 8
[그림 7] 타부 서치 알고리즘 코드 ····· 9
[그림 8] 선박 CAD 데이터 경량화 및 3D 뷰어 ····· 10
[그림 9] Deep Learning Regression 모델 ····· 12
[그림 10] 양의 가중치를 포함하는 방향 그래프 ····· 13
[그림 11] 금속체 통신기술 개요 (1) ····· 15
[그림 12] 금속체 통신기술 개요 (2) ····· 16
[그림 13] M&S 시스템 개념 ····· 17
[그림 14] 승선자 관리용 Beacon 적용 (예시) ····· 21
[그림 15] 비콘 센서 관리 모니터링 ····· 22
[그림 16] 비콘 리더기 관리 모니터링 ····· 22
[그림 17] 위치판단 알고리즘 모듈 ····· 23
[그림 18] 선박 전용 CAD 데이터 분석 ····· 23
[그림 19] 선박 3D 모델 논리적 구조 ····· 24
[그림 20] RVM Format 분석 ····· 24
[그림 21] 추출되는 Metafile의 관계도 ····· 25
[그림 22] FBX Class Diagram ····· 26
[그림 23] FBX(선체) 전용뷰어 및 UI ····· 27
[그림 24] FBX(선체) 3D 구현 설계 ····· 27
[그림 25] 선체 FBX 3D 로드 테스트 (선체 & Pipe) ····· 28
[그림 26] 선박 내 경로 노드 Layer ····· 28
[그림 27] 선박 수치 지도 설계 ····· 29
[그림 28] 선박 경로 구현 ····· 29
[그림 29] 선박 CAD 데이터 경량화 및 가시화 구성 ····· 30

[그림 30] 선박 3차원 모델 가시화 ····· 30
[그림 31] 경로 Line Layer 속성 테이블 ····· 31
[그림 32] Pathfinder를 이용한 Slope Data 구축 ····· 33
[그림 33] 통로데이터의 DB 구축 ····· 33
[그림 34] 구축된 DB ····· 34
[그림 35] 각 조건별 Pathfinder 경로 모델링 진행 (예시) ····· 35
[그림 36] 보행속도 예측 모델링 코드 ····· 35
[그림 37] 예상 탈출시간 산출 블록도 ····· 36
[그림 38] 최단 경로 탐색알고리즘 구현도 ····· 37
[그림 39] 화재 시 진압 경로 탐색 ····· 38
[그림 40] 침수 시 진압 경로 탐색 ····· 38
[그림 41] 다중 탈출 경로 탐색 ····· 39
[그림 42] 선박 탈출 최적 경로 실행 화면 ····· 40
[그림 43] 선박 화재 시 탈출 경로 3차원 시뮬레이션 ····· 41
[그림 44] 선박 내 금속체 통신 운영 ····· 42
[그림 45] IoT 기반 비상 통신 장치 - 금속체 통신기 ····· 42
[그림 46] 통신 음영 구역용 금속체 통신기 시스템 블록도 ····· 43
[그림 47] SFR 개념도 ····· 44
[그림 48] 금속체 통신기 vs SFR 적용 금속체 통신기 구성 ····· 44
[그림 49] N개의 센서 데이터를 수신하는 인터페이스 장치 개념도 ····· 45
[그림 50] 다양한 IoT 센서 데이터 수신 게이트웨이 ····· 45
[그림 51] LNG 선박 테스트 구성 ····· 46
[그림 52] 비상상황 발생 시 비상 알림 통신 시나리오 (화재) ····· 47

선박 안전운항을 위한 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템 구축에 관한 연구

조 경 민

울산대학교 산업대학원 산업경영공학전공

요약

선박 운항 관련 해양사고 건수가 매해 증가함에 따라 중대 재해 예방 대책과 신속한 인명구조 시스템 구축을 위해, 국제해사기구(IMO)는 국제안전관리규약 제정, 해사안전증진 제도개선, 법령 제·개정, 안전시설 확충 및 국제협력 추진과 선원 교육 훈련을 강제화하고 있다.

선원 교육 훈련 시스템은 이론교육 후 실습수업을 실시하는 통제 요령의 획일화로 인해 2차원적인 표현기법에 의존하고 있으며, 현장 상황에 대한 사실성이 미흡하여 돌발 상황에 대한 신속한 대처에는 한계가 있다.

본 연구에서는 선박 안전운항을 위한 ICT 기술기반 비상상황 지원시스템을 개발하여 화재와 침수 같은 비상상황 발생 시 신속한 대응방안을 수립하고자 한다.

첫째, Beacon tag와 위험 감지 센서를 기반으로 승선자의 위치를 측위와 위험을 감지하고, 둘째, 타부 서치, 딥러닝 알고리즘을 통해 신속하게 최적, 최단 탈출 경로를 도출하고 돌발 상황에 대처한다. 셋째, 선박의 대용량 원시데이터를 경량 모델로 변환하고 추출된 형상정보를 이용한 AI 기반 3D 시뮬레이터로 실시간 최적 경로를 제공한다. 넷째, 화재, 침수, 충돌 등과 같은 비상상황으로 기존 네트워크 통신 두절 시 비상 통신체계인 금속체 통신을 활용하여 물적, 인적 피해를 감소시킨다.

또한, 선박의 통신 음영 구역을 해소하는 금속체 통신을 중심으로 각종 IoT 센서 디바이스, AI 및 3D 시뮬레이터를 세계최초로 통합화하여 기존의 선박 M&S 시스템과의 차별화하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 선박설계 데이터 관리와 분석 플랫폼 개발기술 확보, 3D 경량화를 통한 선박 디지털 트윈 기술 활용 및 AI 기반 3D 시뮬레이터를 통한 효과적인 선원 대피 훈련 교육수단은 물론 다양한 산업 현장의 비상상황 지원에 이바지할 것으로 예상한다.

Ⅰ. 서론

1. 연구배경

정보통신의 발달로 선박은 제품 경쟁력을 높이기 위해 고품질의 콘텐츠, 융합·지능화된 플랫폼, 네트워크, 혁신적인 디바이스 등을 융합하는 등 주요 조선산업국들을 중심으로 끊임없는 선박연구를 빠르게 전개하고 있지만, 재난 대응에 있어서 네트워크 체계가 미흡한 실정이다.

중앙해양안전심판원의 최근 7년 동안의 해양사고 건수를 보면 2014년 1,330건, 2015년 2,101건, 2016년 2,307건, 2017년 2,582건, 2018년 2,671건, 2019년 2,971건, 2020년 3,156건으로 꾸준히 증가한 것을 알 수 있다. [표 1]에 나타난 바와 같이 최근 7년간 매년 평균 약 2,445건의 해양사고가 발생하였으며, 매년 평균 약 218건의 해양사고가 증가하고 그에 따른 사고 척수와 인명피해도 증가함을 알 수 있다.

[표 1. 선박 용도별 해양사고 발생 현황, 중앙해양안전심판원]

		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
해양사고 건수	어선	896	1,461	1,646	1,778	1,846	1,951	2,100
	비어선	434	640	651	804	825	1,020	1,056
	계	1,330	2,101	2,307	2,582	2,671	2,971	3,156
해양사고 발생 척수	어선	1,029	1,621	1,794	1,939	2,013	2,134	2,331
	비어선	536	741	755	943	955	1,140	1,204
	계	1,565	2,362	2,549	2,882	2,968	3,274	3,535
인명피해	어선	309	267	324	352	303	450	451
	비어선	401	128	87	171	152	97	102
	계	710	395	411	523	455	547	553

국제해사기구(IMO)는 인과과실(Human Error)에 의한 해난사고를 방지하기 위해 국제안전관리규약(ISM CODE)[1]을 제정하여 선박의 안전관리시스템을 수립 및 시행하도록 하고 있으며 비상계획 절차 수립, 교육훈련과 실습계획 수립 등 대처할 수 있는 보장 방법을 제시하고 있다.

우리나라 정부는 [해사안전법] 제 6조에 따라 '국가 해사 안전 기본계획'을 수립하여 해사안전증진을 위한 관련 제도의 개선, 법령 제·개정, 안전시설의 확충 및 국제협력 등 추진하고 있고 IMO 해상 인명 안전협약(SOLAS)에서 규정하고 있는 인명사고 예방 대책과 신속한 인명구조 시스템을 구축하기 위해 노력하고 있다.

전 세계적으로도 조선, 해운 및 국방산업에서 정보화 기술을 적용하여 3D를 활용한 가상훈련을 하는 등 선박의 안전과 훈련에 관한 기술연구를 지향하고 있다.

대형수송 수단인 선박의 충돌, 화재, 침수 같은 비상상황은 물적, 인적 피해와도

1) ISM Code : The International Safety Management Code for Shipping Companies

직결되며 해양오염 같은 환경적 피해가 막중하므로 안전 확보는 매우 중요하다. 선박에서 화재가 발생하면 치명적인 연기와 구획의 복잡성, 절연물질 등으로 폭발할 위험이 있고 순식간에 선박 전체로 확산될 가능성이 크다. 선박 화재는 대형 사고로 이어질 가능성이 커서 인명피해와 재산 손실을 초래하며, 2차 사고의 촉발 원인이 되기 때문에 매우 위험한 사고라고 할 수 있다. [1]

선박에서 침수는 내•외부적 요인에 의해 선체 파손을 일으켜 파공이 발생해 침수가 일어나면 침몰을 초래할 수 있다. 선박의 비상상황은 선박 기능을 마비시키고, 외부와 고립된 해상이라 육상으로부터 신속한 지원을 받을 수 없다. 해양사고 발생 시 정확하고 신속한 비상조치는 인명안전에 필수적이며 선박과 인명의 생존 가능성과 직접적인 연관이 있는 매우 중요한 요소이다. [2]

이러한 이유로 SOLAS(International Convention for the Safety of Life at Sea)[2] 및 STCW(International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers)[3] 등에서는 선원들의 교육 훈련을 강제화하고 2017년 전면 시행하도록 규정하였다.

비상상황에서 선원들이 IMO[4] 규정(IMO, 2006)에 따라 신속하고 정확하게 대처하기 위해 해운 선박, 여객선, 함정 등 승선자들은 비상상황 대처 훈련을 주기적으로 실시하고 있지만, 현재 교육 훈련 시스템은 이론교육 후 실습수업을 실시하는 2차원적인 교육으로 획일화된 선박의 구획, 상황에 따른 대처, 통제 요령이 긴급상황 시 대처에 한계가 있다.

선박 화재, 침수 발생 같은 비상상황 시, 기존 통신시스템 장애 발생으로 관제실과 선원들의 양방향 커뮤니케이션의 단절로 실시간 현장 피해 상황파악이 용이하지 않아 초동 대처 방안 수립이 어려워 추가적인 피해가 확산된다.

비상상황의 효과적인 대응을 위해서는 AI 및 3D 시뮬레이터 기반의 선박 첨단화·복잡화·연동화와 기존 운영 체계를 기반으로 IoT 디바이스 등과 같은 ICT(Information and Communications Technologies) 기술을 활용한 실시간 선박 운항 데이터 획득의 중요성이 요구되며 피해를 최소화하기 위해 효과적이고 신속한 대처를 위한 지능화된 비상상황 지원체계 구축이 필요하다.

본 연구에서는 선박의 충돌, 화재, 침수와 같은 비상상황 시 경량화된 3D 시뮬레이션과 탈출 경로 탐색알고리즘을 통해 최적의 탈출 경로를 도출할 수 있는 선박 안전운항을 위해 ICT 기술기반 비상상황 지원시스템 구축을 제안하고자 한다.

---

2) 해양인명안전조약
3) 선원의 훈련 · 자격증명 및 당직근무의 기준에 관한 국제협약
4) International Maritime Organization : 국제해사기구

1.2 연구목적

본 연구는 선박 항해 중 비상상황이 발생할 경우, 즉각적인 대응을 위해 ICT 기술을 바탕으로 AI 기반 시뮬레이션과 비상 통신체계를 연동하여 더욱 능동적이고 효과적인 대안을 구축하고자 한다.

첫째, Beacon을 이용한 승선자의 위치 측위 및 위험감지 센서를 통해 위험감지. 둘째, 가볍고 신속한 3D 구현이 가능하게 3D 형상 경량화 및 뷰어 기술. 셋째, 탈출 경로 탐색알고리즘이 탑재된 AI 기반 3D 시뮬레이션. 넷째, 비상상황에서 기존 통신 불능 시 음성 및 데이터 신호를 실시간 공유할 수 있는 IoT 기반 금속체 무선통신기술을 결합하여 실시간 상황파악에 의한 최적 탈출 경로를 안내하는 선박 안전 운항을 위한 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템을 연구하고자 한다.

[그림 1. 비상상황 지원시스템의 전체 흐름도]

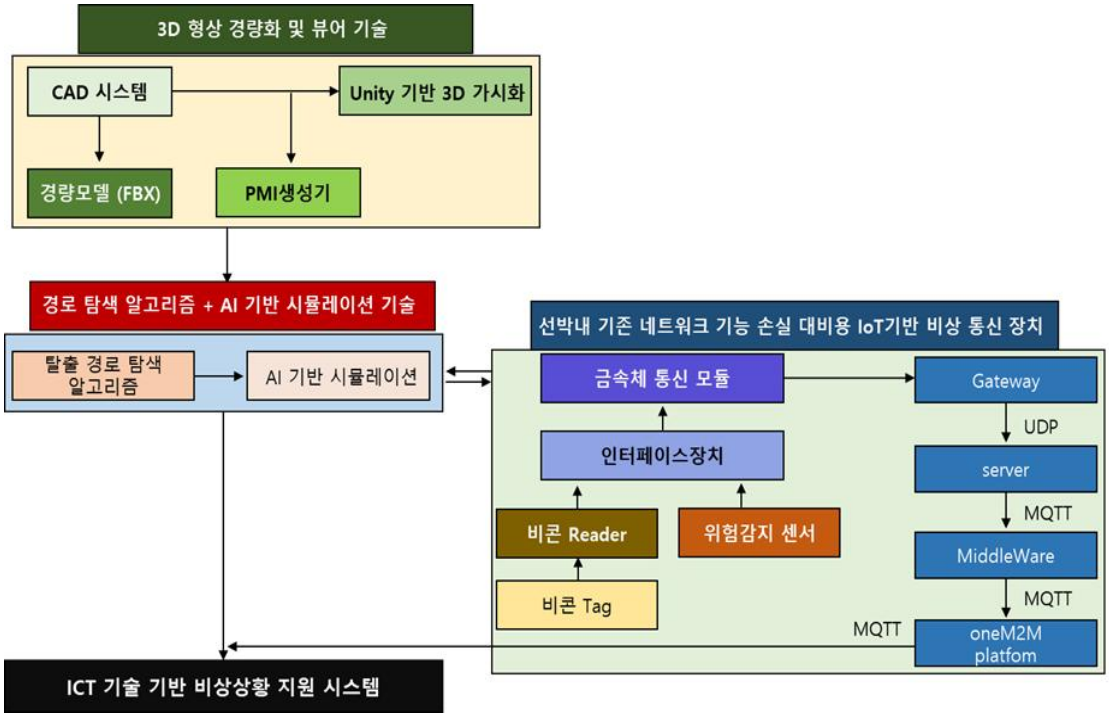
[그림 1]은 비상상황 시 지원시스템의 전체 흐름도를 나타낸 것으로 인터페이스 장치가 비콘 Tag와 비콘 Reader를 통해 승선자 위치 측위 정보와 화재 및 침수 등과 같은 위험 상황을 감지한 센서들로 얻은 정보를 금속체 통신기를 통해 미들웨어 서버, 운영 서버로 전송하면 운영 서버에서 금속체 통신기를 통해 실시간 상황을 관리자 PC와 탈출 경로 알고리즘이 탑재된 시뮬레이션을 승선자에게 전송하여 신속 대처가 가능하다.

Ⅱ. 시스템 구성

이번 장에서는 선박 안전운항을 위한 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템의 전체 구조도와 Flow chart, Computing environment에 대해 분석한다.

2.1 시스템 구조도

선박 안전운항을 위한 ICT 기술기반 비상상황 지원시스템 연구는 3D 시뮬레이션 시스템을 수행하기 위한 CBD (Component Based Development)[5] SW 개발방법론을 적용하고, 통합관리 시스템은 애자일(Agile)[6] 기법을 준용하여 점진적 개발방법론을 적용하였다.



[그림 2. 전체 시스템 구조도]

[그림 2]는 전체 시스템 구조도를 나타낸 것으로, 다음과 같은 순서로 진행된다.

5) 재사용 가능한 컴포넌트의 개발 또는 상용 컴포넌트들을 조합하여 애플리케이션 개발 생산성, 품질을 높이고, 시스템 유지보수 비용을 최소화할 수 있는 혁신 개발방법론이다.
6) 소프트웨어 개발 방식의 하나로 통용되던 용어로, 작업 계획을 짧은 단위로 세우고 시제품을 만들어나가는 사이클을 반복함으로써 고객의 요구 변화에 유연하고도 신속하게 대응하는 개발방법론이다.

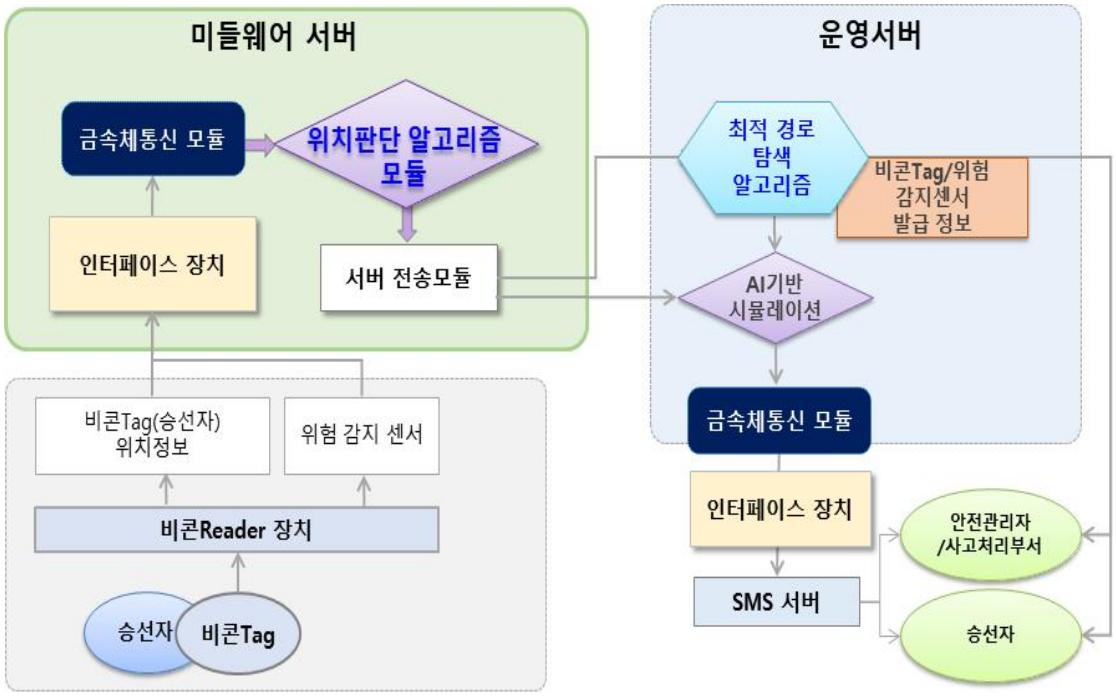
첫째, 3D 형상 경량화 및 뷰어 기술을 활용하여 CAD 시스템 프로세스를 분석하고, RVM 파일을 활용하여 형상정보 추출과 함께 Unity 표준 포멧인 FBX로 경량 3D 모델로 변환한다. 모델 동작영역에서는 구축된 3D 형상정보를 로드하여 구역별로 공간을 구분하고 재해 정보를 해당 공간에서 시각화하도록 설정하였다.

둘째, 선박 내 기존 네트워크 기능 손실 대비용 IoT 기반 비상 통신 장치에서는 Beacon 수신을 이용하여 승선자 위치 측위와 위험감지 센서를 이용해 데이터를 수집하고 인터페이스장치를 통해 금속체 통신기로 데이터를 전송한다.

Gateway는 904.3~905MHz의 주파수에서 입력되는 데이터를 UDP 프로토콜을 이용해 Server에 전송하고 Server는 미들웨어의 Topic에 데이터를 전송한다. 미들웨어 프로그램은 수신 데이터를 oneM2M 플랫폼으로 데이터를 전송한다. oneM2M 플랫폼에서는 MQTT 프로토콜을 이용해 운영 서버에 저장되고 이 데이터를 활용해 실시간으로 승선자의 현재 위치와 위험 상태 등을 화면에 표시해, 사용자가 쉽게 확인할 수 있도록 한다.

셋째, 운영 서버에 저장된 데이터를 활용하여 최적 탈출 경로 도출, 돌발 상황 발생 시 실시간 대응이 가능한 딥러닝(Deep Learning) 과 다익스트라(Dijkstra) 기반 융합 알고리즘을 적용한 3D 시뮬레이션을 통해 다중 탈출 경로, 최적 탈출 경로, 우회경로 등을 3초 이내로 도출한다.

ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템 Flow chart는 [그림 3]과 같다.



[그림 3. 비상상황 지원시스템 Flow chart]

[그림 4. 비상상황 지원시스템 구성도]

2.2 시스템 환경

본 연구에서는 시뮬레이션 시스템의 가시성과 효율성을 입증하기 위해, Intel Core X i9 9940X 프로세서로 256GB RAM 메모리가 장착된 PC와 렌더링 엔진으로 Unity 3D 5.3.5f를 플랫폼 엔진으로 사용하였다. Operating system은 Windows 10, Database는 Mysql, Simulation program은 Pathfinder를 사용하였다.

[표 2. Computing environment]

Classification	Criteria
Processors	Intel Core X i9 9940X
Memory	256Gb RAM (128 X 2 Ea / 64 X 4 Ea)
Operating system	Windows 10
3D graphic engine	Unity 3D
Database	Mysql
Simulation program	Pathfinder

Ⅲ. 이론적 고찰

이번 장에는 본 연구에서 제안하는 선박 안전운항을 위한 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템에서 사용하는 주요 기술들을 조사하고 분석한다.

3.1 Beacon을 이용한 위치 측위 기술

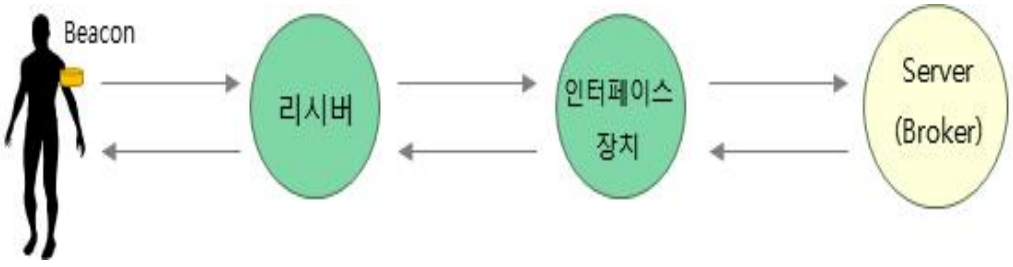
Beacon은 근거리에 있는 스마트 기기를 자동으로 인식하여 필요한 데이터를 전송할 수 있는 무선통신 장치로 블루투스 Beacon[7]이라고도 하고, 기지국 반경의 단말에서 주기적으로 신호를 전달하는 기능으로 주기적 신호 발생 장치라고도 한다.

Beacon을 이용한 측위 기법은 RSSI를 사용하는 측정방법, 핑거프린팅 기법을 활용하여 측정하는 방법, 삼각 측량 알고리즘을 이용하는 측정방법을 많이 사용한다.

본 연구에서는 RSSI 측정방법을 사용하였는데 Beacon에서 송신하는 신호를 Beacon 수신 모듈 RSSI 데이터를 사용하여 위치를 측정한다. Beacon에서 수신 모듈 거리가 수신되는 신호 세기와 반비례하는 것을 이용하여 위치를 측위한다. [3]

무선통신 장치인 Beacon은 블루투스 4.0 기반의 프로토콜을 사용하고 적은 주파수 시그널을 주위에 전달하며, 약 5m~240m까지 디바이스들과 통신 가능해 근거리 내에 감지되는 Beacon Reader(리시버)에 정보를 전송한다. 이때, 인터페이스장치가 Beacon 신호를 수신해 전용 서버에 전송하면 서버가 정보를 확인한 후 앱에 표시하며 Beacon에 위도, 경도 정보를 입력하면 위치 정보가 제공된다. [4]

실내·외 환경에서 사용자 위치 측위에 최적화되어 있는 Beacon은 동전 크기의 배터리를 1~2년 정도 사용하는 저전력으로 저비용 생산이 가능하고 기기 연결 절차가 기존의 Bluetooth에 비해 간소하다. 또한, 단말기마다 서로 다른 정보를 제공할 수 있어 맞춤 정보 송신이 가능하여 결제, 자동 체크인, 쿠폰 제안, 상세 정보 제공 등 각종 서비스를 제공하는 플랫폼에 많이 사용된다. [5]



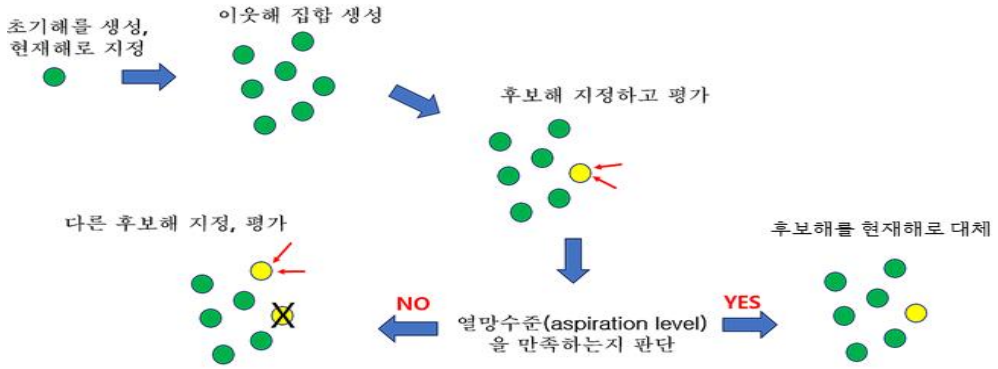
[그림 5. Beacon을 이용한 위치 측위 흐름도 (예시)]

7) 위키백과사전

3.2 타부 서치 알고리즘을 이용한 센서 노드 배치

위험감지 센서는 제한된 개수로 최대 감시 영역을 높여야 하는데 이를 위해 센서 노드를 최적 배치해야 한다. 에너지 소비와 전력 소모 최소화와 감시 영역 최대화를 위해, 다양한 센서 노드 배치 문제 해결 알고리즘들이 적용되고 있지만 본 연구에서는 타부 서치(Tabu search) 알고리즘을 이용하였다.

타부 서치는 과거의 탐색 정보를 기억(Memory)하여 해의 이동을 제한하거나 이동 방향을 결정하는 움직임을 한 방향으로 고정하지 않고, 지역(Local) 최적해에 빠지지 않도록 하는 종합적 문제 해결의 메타 전략으로 볼 수 있다.



[그림 6. 타부 서치 알고리즘]

타부 서치 알고리즘을 수행하기 위해 인코딩 작업을 우선 수행한다. 인코딩 작업은 해결하고자 하는 문제에 맞는 해 구조(Solution structure)를 설계하는 과정으로 해 구조에 따라 프로그램 성능이 차이가 나타남으로 인하여 중요한 요소 기술이 된다.

인코딩 작업이 끝난 후 해 구조에 따라 제약 조건에 적합한 하나의 초기해(Initial solution)를 생성한다. 타부 서치 알고리즘은 최적해를 찾는 과정에서 임시해(Temporary solution)를 사용하여 최종적으로 최종해(Final solution)를 생성한다.

생성된 초기해를 임시해로 설정하고, 중복 과정을 제거하기 위해 타부 리스트(Tabu list)에 저장한다. 초기해를 이용하여 이웃해 생성 작업을 수행한다. 이웃해 생성 방식은 문제와 인코딩 방식에 따라 다양한 방식이 사용될 수 있다. 새로 생성된 이웃해 중 가장 좋은 결과 해를 선택하여 기존의 임시 해와 비교한다. 만약 새로운 해가 임시 해보다 더 좋은 결과를 가지면 이 해를 임시해로 변경하고 타부 리스트에 저장한다. 만약 임시해보다 결과가 좋지 않으며 임시해는 그대로 유지하게 되지만 이 해는 타부 리스트에는 저장한다. 즉 임시해와 성능 비교와는 관계없이 새로 생성된 해는 다음 단계의 이웃해 생성을 위한 해로 사용된다. 타부 서치 알고리즘의 종료는 미리 설정된 종료 기준이 만족할 때까지 반복되며 최종적으로 최종해를 생성한다. [6]

타부 서치 알고리즘의 진행순서를 요약하면

단계 1. 인코딩 설계

단계 2. 초기해 생성

단계 3. 이웃해 생성

단계 4. 타부 리스트 갱신

단계 5. 종료 기준을 만족할 때까지 단계 3, 단계 4를 반복한다.

```
   //사전에 타부 속성, 타부 목록 크기, 열망 수준 및 종료 조건 등을 결정한다.
 1. s ← s'
 2. sBest ← s //sBest = 최선해
 3. tabuList ← null
 4. while(종료 조건이 발생할 때까지)
    {
 5.     candidateList ← null
 6.     for(후보해 in 이웃해 집합)
        {
 7.         if //후보해 리스트 내 후보해가 없다면
 8.             candidateList ← candidateList + sCandidate
         }
 9.     sCandudate ← 후보지역(candidateList)내 가장 좋은해
        s ← sCandudate
10.     if //현재해가 최선해보다 좋으면
        {
11.         최선해가 있던 후보해를 tabuList 추가
            sBest ← sCandudate
12.         while(타부 목록 크기 > 최대 타부 목록 크기)
            {
13.             타부목록(tabuList)내에서 후보해를 제외(선입선출)
14.             s ← tabuListFirstElements
            }
        }
    }
15. return sBest
```

[그림 7. 타부 서치 알고리즘 소스 코드]

3.3 3D 형상 경량화 및 뷰어 기술

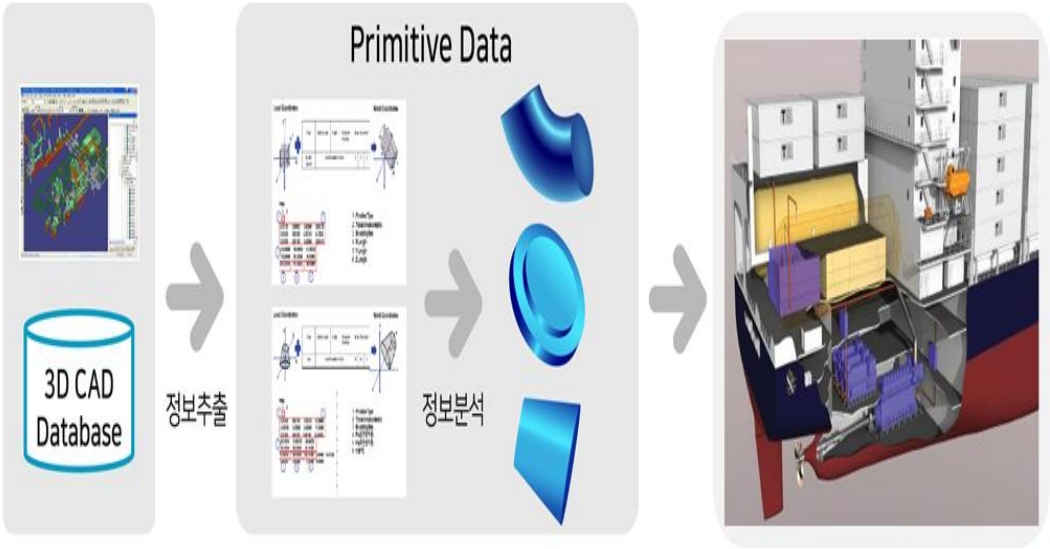
선박이 더욱 첨단화, 복잡화, 연동화될수록 3D CAD 모델은 대용량의 형상과 속성정보를 포함하고 있어 실시간 렌더링의 취약성을 갖고 있다. 이와 같은 문제점 해결을 위해 대용량 3D 모델의 경량화가 필요하며, 경량화 기법은 설계단계에서 3D 형상정보를 자동 추출하고, 형상정보를 간소화하여 Unity 기본 포맷인 FBX로 경량화한다.

선박의 대용량 설계 데이터의 논리적 구성/속성/형상정보 분석과 각 구성요소 간 연결 관계를 파악하고, 부재 형상 및 정보를 추출하여 활용 목적에 맞는 경량 모델로 변환하는 기술이 사용된다.

3D 형상 경량화는 Unity 시각화 단계에서 LOD(Level Of Detail) 기술을 한 번 더 적용하여 사용 용도에 따라 경량화율 높여 시각화 성능을 더욱 향상하여 가볍고 신속한 3D 구현이 가능하며 3D 엔진을 통해 웹, 스마트폰, 그리고 VR/AR 등 다양한 플랫폼 환경에서 손쉽게 활용할 수 있도록 하여 디지털 트윈 등 3D 시뮬레이터 연구에 필수적인 기술이다.

뷰어 기술은 표준화된 인터페이스 방식을 이용하여 맞춤형 경량화 모델과 연동하고 이를 Unity 기반으로 Web, Winform, Mobile 등 다양한 Device에서 모델의 Drag & Drop 및 이동, 로테이션 등 활용하는 데 필요하다.

[그림 8]은 대용량의 3D CAD Database의 정보를 추출하여 필요한 정보만을 분석하고 경량화하여 3D 뷰어를 통해 가시화 한다.



[그림 8. 선박 CAD 데이터 경량화 및 3D 뷰어]

3.4 탈출 경로 탐색알고리즘 기술

대표적인 휴리스틱 최단 경로 탐색알고리즘은 A*알고리즘과 Dijkstra 알고리즘이 일반적으로 사용된다. 본 연구는 비상상황 지원시스템을 제공하기 위해 활용할 수 있는 알고리즘을 선택하기 위해 A*알고리즘과 Dijkstra 알고리즘을 조사하고 분석하였다.

그 결과, A*알고리즘은 모든 경로를 탐색하므로 매우 비효율적이며, 규칙적이지 않고 복잡한 네트워크에서는 최단 경로 탐색에 실패할 확률이 높았고, Dijkstra 알고리즘은 현재 위치에서 비상구까지 최단 거리와 긴급 발생 상황 지역을 우회하는 최적의 우회경로를 탐색하고 시간 복잡도가 가장 빨랐다.

본 연구에서는 신속한 탈출을 위한 최단 거리와 안전한 경로를 탐색을 위해 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘을 하이브리드 시킨 알고리즘을 사용하였다.

1) 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘

딥러닝(Deep Learning)은 인공신경망(Artificial Neural Network)을 일컫는 말로 컴퓨터가 여러 데이터를 이용해 마치 사람처럼 스스로 학습할 수 있게 하려고 인공 신경망(ANN, Artificial Neural Network)을 기반으로 구축한 기술이다.

인공신경망은 두뇌의 신경세포, 즉 뉴런이 연결된 형태를 모방한 모델이다. 하나의 뉴런을 모델링한 퍼셉트론(perceptron)과 이를 여러 층으로 연결한 다층 퍼셉트론(MLP)이 있으며, 이를 학습시키기 위해 역전파 알고리즘(Backpropagtion Algorithm)이 나왔다.

인공신경망에서 이용했던 다층 퍼셉트론(MLP)은 근본적인 한계를 가지고 있었다. 복잡한 문제를 해결하기 위해서는 신경망의 층수를 여러 층 쌓은 모델을 이용해야 하는데, 깊은 층수를 쌓으면 역전파 학습 과정에서 데이터가 사라져 학습이 잘되지 않는 현상인 '사라지는 경사도' 문제가 있었다.

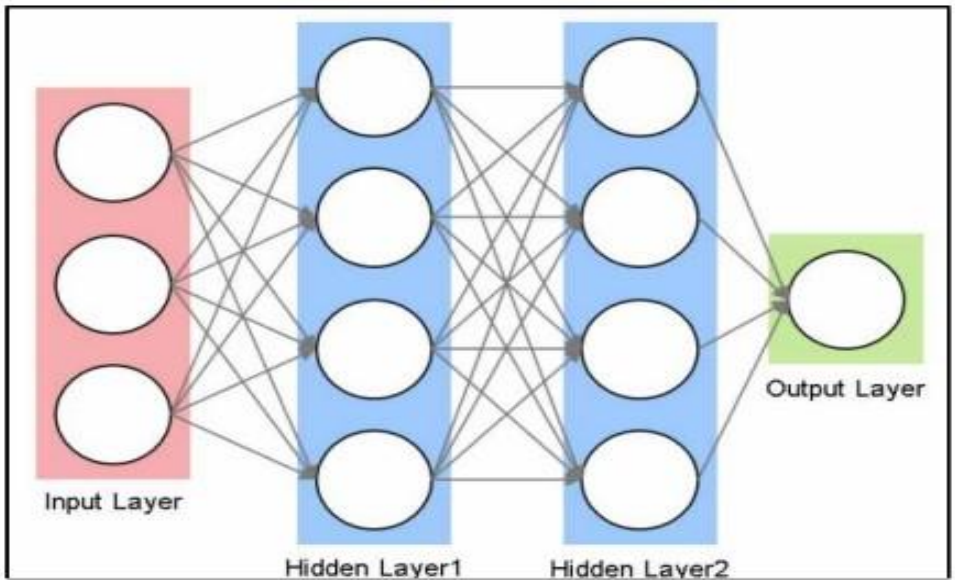
또한, 학습한 내용은 잘 처리하나 새로운 사실을 추론하는 것, 새로운 데이터를 처리하는 것을 잘하지 못하는 한계도 있었다. 이로 인해 오랫동안 인공신경망은 이용하기 어려워 거의 몰락에 가까운 상황에 이르렀다.

인공신경망의 이미지가 세계적으로 너무 안 좋아 지었고, 모두 포기하는 상황이었지만, 2006년 토론토대학의 제프리 힐튼 교수는 깊은 층수의 신경망 학습 시 사전 학습(Pretraining)을 통해서 학습함으로써 사라지는 '경사도 문제'를 해결할 수 있음을 밝혔다. 새로운 데이터를 잘 처리하지 못하는 문제는 학습 도중에 고의로 데이터를 누락시키는 방법(dropout)을 사용하여 해결할 수 있음을 밝히며 '딥러닝'이라는 개념이 생기게 되었다.

딥러닝은 인간의 두뇌가 수많은 데이터 속에서 패턴을 발견한 뒤 사물을 구분하는 정보처리 방식을 모방해 컴퓨터가 사물을 분별하도록 기계를 학습시켜

사람이 모든 판단 기준을 정해주지 않아도 컴퓨터가 스스로 인지, 추론, 판단할 수 있게 된다.

음성, 이미지 인식과 사진 분석 등 광범위하게 활용되며, 딥러닝 기술에 기반한 컴퓨터 프로그램 중 가장 잘 알려진 예시로는 구글 '알파고'가 있다. 머신러닝의 경우 컴퓨터에 먼저 다양한 정보를 가르치고 그 학습한 결과에 따라 컴퓨터가 새로운 것을 예측한다. 반면, 딥러닝은 머신러닝의 심화된 기술로 스스로 학습하고 미래의 상황을 예측할 수 있다.



[그림 9. 학습 데이터들로 학습된 Deep Learning Regression 모델]

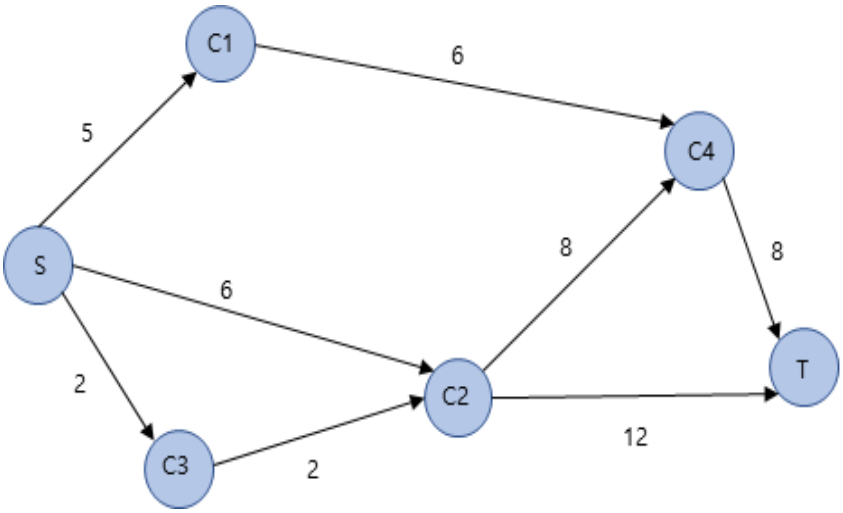
2) Dijkstra 알고리즘

다익스트라 알고리즘은 출발 노드와 목적 노드 사이의 최단 경로를 푸는 알고리즘으로 경로 출발 노드와 연결된 모든 노드에 대해 각각의 최단 거리를 저장하면서 작동한다. 즉 다익스트라 알고리즘은 노드를 나눠 최소비용으로 목적지까지 도착하여 시간 복잡도가 빠르다.

다익스트라 알고리즘은 최단 경로를 산출하는 대표적 알고리즘으로 네트워크에 존재하는 시작지점(Origin)에서 모든 이웃 경로의 탐색을 시작하며, 시작지점을 기준으로 영역을 확장하여 검색하고 목적지점(Destination)인지 조사한다.

이 알고리즘은 변 경감(Edge relaxation) 연산으로 출발 노드와 목적 노드 사이의 모든 중간 경로는 최단 경로이어야 한다는 전제 조건에서, 최단 경로가 아닌 중간 경로들의 연산 제외로 계산량을 축소해 빠르게 최단 경로를 탐색하는 기법이다.

[그림 10]은 마디(Node)들과 그 사이를 연결하는 호(Arc)들로 구성되어 있는데 이를 통해 현상이나 사물 간의 관계를 표현할 수 있으며 각호에 가중치를 주어 그 정도를 표현할 수 있다. [7]



[그림 10. 양의 가중치를 포함하는 방향 그래프 (예시)]

n개의 마디 집합 V와 이들 간에 존재하는 호의 집합 E로 구성된 그래프 G는 다음과 같이 표현한다.

$$G=(V,E)$$

주어진 그래프 G=(V,E)에서 출발점으로부터 도착점까지의 결로는 일련의 호들로 이루어져 있다. 최단 경로를 찾는 알고리즘은 이 경로를 구성하는 호들의 가중치 합을 최소로 하는 경로를 찾는 것이다.

우선 출발 마디에서 가장 인접한 마디를 검색하고 마디와 그 가중값으로 이루어진 집합을 생성한다. 가중값은 거리나 시간이 될 수 있다. 이후 집합에 포함되지 않은 인접한 마디 주에서 시작 마디로부터 가장 작은 가중값을 가지는 마디를 찾아 그 마디와 가중값을 집합에 포함 시킨다. 이러한 방법으로 새로운 마디가 없어질 때까지 앞의 과정을 반복하고 도착 마디에서 최소의 가중값을 가지는 연결을 찾아 최단 경로를 선택한다. [8]

D(v) : 출발점 u에서 마디 v까지 최소비용

N' : 만약 출발점에서 마디 v까지 가는 경로가 최소비용이라는 것을 알면 마디 v는 N'에 속한다. 마디의 전체집합은 N이고, N'는 이미 처리된 부분집합

P(v) : 출발점에서 마디 v까지 가는 최소비용 경로에서 마디 v의 바로 이전의 마디

(a) 초기화

- N' = [u]
- 모든 마디 v에 관하여, 만약 마디 v가 마디 u의 이웃 마디이면

D(v) = c(u,v) 아니면 D(v) = ∞이다.

(b) 반복 시작

- D(w)가 최소가 되는 N'에 없는 마디 w를 찾는다.
- N'에 마디 w를 추가한다.
- N'에 없는 마디 w의 모든 이웃 마디 v에 관하여 D(v)를 갱신한다.
  D(v) = min(D(v), D(w)+C(w,v))
- N' = N이 될 때까지 반복한다.

3.5 AI 기반 3D 시뮬레이션 기술

3D 시뮬레이션의 연구가 자동차와 중공업 등 대규모 장치 산업부터 의학 교육, 실험 부문까지 적용되고 있고 안전분야의 관심 급증과 AI 기반 3차원 시뮬레이션 시스템을 활용하여 효율적이고, 안전하게 탈출할 수 있는 대피로를 탐색하는 연구가 다양한 분야에서 진행되고 있다.

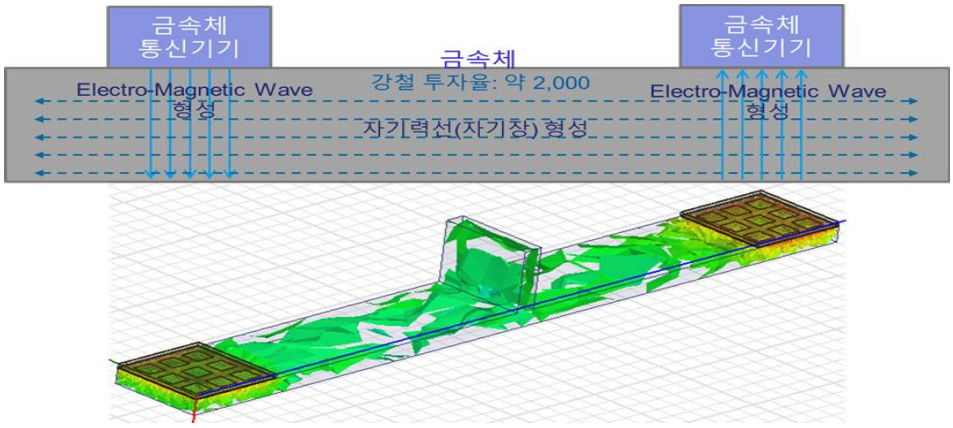
선박에서 화재, 침수, 충돌과 같은 비상상황이 발생할 경우, 인적, 물적 피해가 막중하여 초기 신속한 대응이 2차 피해를 막을 수 있고, 피해를 최소화하기 위한 최적의 탈출 및 진압 경로를 탐색하고 실시간으로 반영된 대체 경로 탐색 및 경로 제시가 무엇보다 중요하다.

선박 내 비상상황 발생 시, 모든 객실이나 작업공간에서 외부 갑판으로 향하는 탈출 경로를 AI 학습 기반 3D 시뮬레이션을 이용하여 최적/최단 경로를 탐색하는 기술을 적용하고 현장 이해도를 높여 신속 대처가 가능하도록 함으로써 피해를 최소화할 수 있다.

3.6 비상상황용 금속체 통신기술

화재 및 침수, 사고 등으로 인한 기타 비상상황 발생 시 케이블 손상이 발생하여 기존 통신체계를 사용할 수 없는 경우, 통신 불능 상태로 인한 적기를 놓쳐 막대한 인명, 장비 피해로 이어질 수 있고 기존 무선통신 기술의 한계로 인해, 선박에서 생성되는 음성 및 데이터 신호를 외부로 전송할 수 없어 발생하는 인적·물적 피해 규모가 지속해서 증가되고 있다.

금속체 통신기술은 금속 매질 표면전자장을 활용한 세계최초 무선통신 기술로 선박과 같은 다수의 금속 격벽으로 이루어져 무선통신이 어려운 차폐 작업공간 내에서 철판 격벽을 매개체로 활용하여 통신을 구현하는 기술이다.



[그림 11. 금속체 통신기술 개요 (1)]

선박 비상상황 대비용 IoT 기반 금속체 통신기술은 [그림 11]처럼 전도성 물질인 금속체 표면에 수직 방향의 전기장을 전파하여 데이터를 보내는 원리를 이용하여 원활한 통신이 가능하게 하는 기술로 기존 무선통신의 경우 사방을 가로막고 있는 금속 격벽이 전자기파를 반사 시켜 통신을 방해하는 요소로 작용한다.

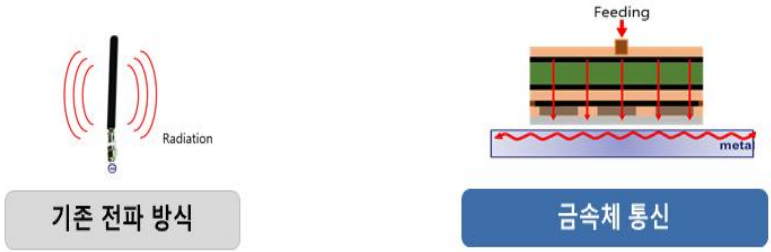
선박 내 무선통신은 거의 불가능 기술로 인식되어 조선소 건조 선박 內 밀폐구역(통신 음영 구역)의 음성 및 데이터 신호를 외부로 전송하지 못해 발생하는 인적, 물적 피해 규모를 절감시킬 수 있다.

또한, 선박 내의 유선 케이블을 무선화하여 케이블로 인해 발생 비용을 절감하여 국내 조선소의 원가 경쟁력을 높일 수 있고, 밀폐구역의 음성 및 데이터 신호를 전송하여 음영지역 해소 및 정보를 서로 알림으로써 사전에 인적, 물적 피해를 최소화하고 건조 선박의 시운전 등 관리 및 점검 업무를 위한 투입인력(M/H)과 공사기간 단축이 가능한 기술이다.

선박에서 빈번히 발생하는 중대 재해로 인해 야기되는 사회적 비용을 줄이기 위해, 선박 내 통신 장애 및 안전사고 등의 문제를 선행적으로 해결되어야 한다.

선박 內 기존 네트워크 기능 손실 시 실시간 상황파악 및 대응이 힘들어져 피해 규모가 커지며 이를 대비한 IoT 기반 금속 표면파 무선통신으로 음성 및 데이터 신호전송으로 선내에서 발생하는 각종 정보를 실시간 공유하여 실제 비상상황에서 신속히 상황전달이 가능케 한다.

예상치 못한 네트워크 불능상황에서도 신속한 상황전달로 실시간 탈출 경로 탐색을 가능하게 만들어주는 필수 요소이며, 비상상황 대비용 무선통신 수단으로 사용될 수도 있어 다양한 활용이 가능할 것으로 판단된다.



구 분	기존 무선 통신	금속체 통신
전자기파 발생방식	에어(공기 중으로 방사시키는 방법)로 전자기파를 발생	금속체를 활용하여 전자기파 발생
원 리	공기 중에 많은 양의 전파 방사 ➔ 무선 안테나를 활용하여 송수신	metalWave® 안테나 활용 ➔ 금속체 유전율 및 투자율 활용한 방사
사용가능장소	주변이 금속체로 둘러 쌓여 있지 않는 열린 공간	금속체가 조금이라도 연결된 공간
품 질	차폐환경 내에서는 전파의 감쇄 현상이 심함	차폐환경 내에서도 적은 양의 전파 방사로도 품질이 높음
밀폐공간 통신거리	80m	200m

[그림 12. 금속체 통신기술 개요 (2)]

[그림 12]를 보면 종래의 무선통신은 공기를 매질로 전파를 하여 금속 격벽 환경에서는 80m까지 통신할 수 있지만, 금속체 통신은 금속체를 매질로 전파하여 금속으로 둘러싸여 있는 밀폐공간에서 통신 거리가 최대 200m 가능하다.

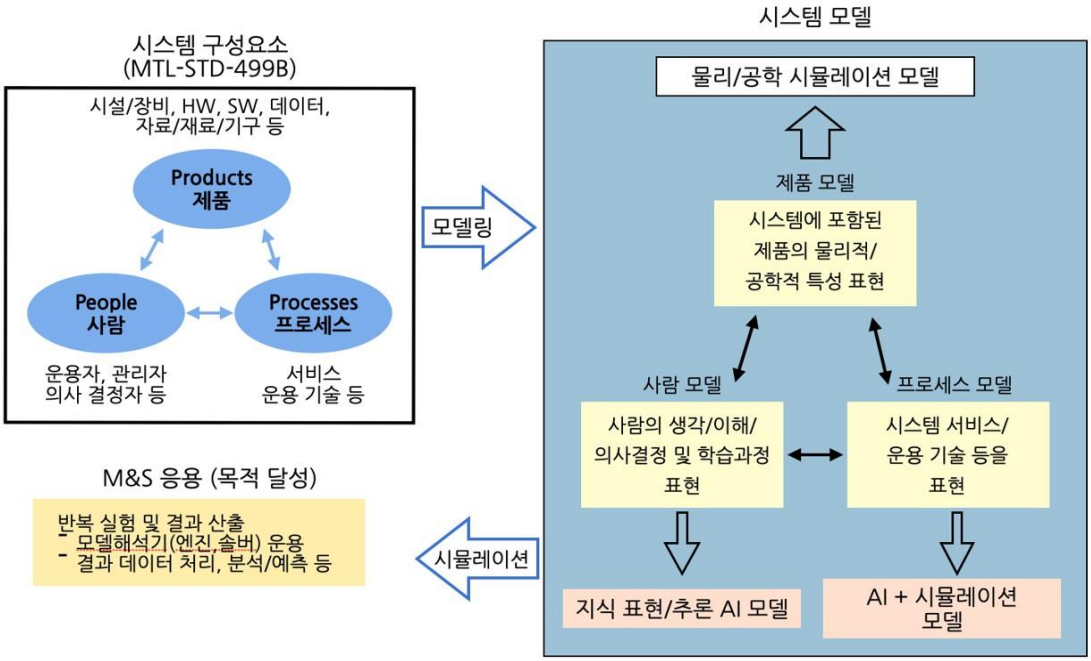
3.7 M&S 시스템

M&S는 시스템, 개체, 현상 또는 절차의 물리적, 수학적, 논리적 표현 과정을 의미하는 Modelling과 모델로 표현되는 모델링의 결과를 실제와 동일 또는 유사하게 시간에 따른 변화로 표현하는 방법인 Simulation을 일컫는다.

기획 관리상의 소요제기, 획득관리 및 분석평가는 물론, 훈련까지를 과학적으로 지원하는 도구 및 수단을 총칭하는 것으로 모델링 과정과 시뮬레이션 과정을 통틀어 의미한다.[8)]

M&S 시스템은 관심 대상 시스템에 대한 모델을 만들고 이를 실행(시뮬레이션)하면서 원하는 결과를 도출하고자 하는 시스템 공학 방법론으로 다양한 산업 분야에서 개념발전, 비용 절감, 개발 기간 단축, 사업 효율성 향상, 안전 등 문제의 해결 도구로 활용되고 있다. 특히 국방 분야에서 전투력 운용과 능력배양, 타당성 분석을 통한 전력증강, 무기체계 획득 등을 위해 활발히 활용하고 있다.

8) 국방과학기술용어사전. 국방기술품질원



[그림 13. M&S 시스템 개념]

Ⅳ. 국내·외 기술현황 및 차별성

이번 장에서는 M&S 시스템을 중점으로 국내·외 기술현황과 수준을 조사하고 제안하는 시스템의 차별성에 대해 분석한다.

4.1 국내기술 동향 및 수준

수십 년 전부터 과학적이고 합리적으로 선박의 안전설계와 해양사고 분석에 관한 연구가 활발히 진행되었으며 여러 가지 현실적인 제약사항을 극복하기 위한 수단으로 시뮬레이션이 활용되었다.

○ 솔빛시스템
: 군통신체계 M&S[9], 유선 통신망 전용 시뮬레이터로 국방망, 군위성 통신 프로토콜 및 장비 모델 연구 및 성능분석에 사용되는 시뮬레이션 기능을 탑재한 수준

○ 디투이노베이션
: 분석 및 훈련 M&S, GIS[10] 기반 적·아군에 대한 지형 정보 및 전술, 전략 등을 DB화하여 효과적인 군사계획 수립 및 군사 활동을 지원하는 시뮬레이터

○ 아레스
: M&S 기반 VR 시뮬레이터, M&S 기반 VR 시뮬레이터는 가상훈련 및 3D 전장 개인 훈련을 위한 시스템

○ 지디엘시스템
: 국방분야 각종 무기체계 시스템에 대한 Virtual Simulation, 전술훈련용 Live Simulation 및 각종 전장 환경을 모의할 수 있는 국방 모델링(M&S) 관련 서비스

현재, 선박의 안전설계와 해양사고 분석에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 이러한 상황을 토대로 국제 규약을 만족하는 탈출 분석 시뮬레이션 연구와 지능형 에이전트를 이용한 탈출 분석 모델의 연구가 다양하게 진행되고 있다.

최근 선박 운항 시 비상상황 훈련/평가/통제 등 다양한 분석의 도구로서 기존의 시뮬레이션을 기반으로 새로운 IoT 플랫폼 구축을 통한 기술연구 니즈가 증가하고 있다.

---

9) Modelling And Simulation : 모방하거나 모의하고자 하는 실제 체계의 특징을 잘 나타낼 수 있도록 각종 요소와 현상 등을 물리적 · 수학적 · 논리적 표현으로 만들어나가는 과정인 모델링(Modelling)과 모델링의 산출물인 모델을 활용하여 연속적인 시간의 흐름 속에서 유사하게 실행하는 것을 의미하는 시뮬레이션(Simulation)이 조합된 용어로 모델링 과정과 시뮬레이션 과정을 통틀어 의미함 (국방과학기술용어사전)

10) Geographic Information System : 지리정보시스템

모델링 시뮬레이션을 적극적으로 활용하는 국방 분야의 경우, 한국군 워게임 연동체계(KSIMS, JLVC, JTTI) 등을 통해 AI 및 IoT 등의 첨단 기술로 통합된 합성전장 훈련 환경을 조성하여 상급지휘관에서부터 말단 병사에 이르기까지 통합 훈련 환경을 제공하여 전투 수행능력 향상을 유도하고 있다.

4.2 국외 기술 동향 및 수준

컴퓨터 연구기술 발전에 따라 과거에 구현이 제한적이었던 합성환경 조성, 가상현실 등 실전과 유사한 환경 조성이 가능하게 되면서 3D 기반 시뮬레이터, IoT 센서 및 비상응급통신 장치 등의 활용은 첨단 필수장비로 주목받고 있고, 의료 항공 및 다양한 분야의 모의실험, 재난 상황과 비상상황, 국방의 훈련 분야 등에 시뮬레이터를 적극적으로 활용하고 있다.

[미국]

○ Thunderhead Engineering에서 pathfinder를 2009년에 제조했고 현재는 전 세계에서 피난 안전 연구와 컨설팅에 많은 도움을 주고 있는데, CAD 도면으로 작업도 가능하며 FDS, PyroSim 의 데이터 파일로도 3D 모델을 만들 수 있다.

[영국]

○ IES에서 연구한 Simulex는 응급상황 시 피난 시뮬레이션 프로그램으로, 응급상황 시 재실자들의 피난 행태를 분석하여 건물 디자인의 문제점 파악 및 해결책을 찾는 데 도움을 준다.

○ QinetiQ의 항공 시뮬레이터는 헬기 시뮬레이터 CUESIM, 합성환경 훈련, 훈련시설 및 가상현실 훈련 분야에 활용하고 있다.

○ 선박의 비상 탈출 분야에서는 유럽에 소재한 영국의 Strathclyde 대학, Greenwich 대학, 독일의 Gerhard-Mercator 대학, 노르웨이 A/S QUASAR Consultants의 EVAC 등에서 활발히 연구 중이다.

4.3 선행연구와의 차별성

M&S 시스템은 기존, 고가의 가상현실 장비들인 HMD(Head-Mounted Display), 제스처 인식 센서, ODT(Omni-Directional Treadmill) 등이 대중화되면서 가상현실과 관련된 연구가 더욱 활발해져 시간적, 경제적, 공간적으로 절감이 되는 장점을 바탕으로 다양한 분야뿐만 아니라 재난 및 비상상황 시뮬레이션을 이용한 훈련에 적용되고 있다.

기존의 선박 비상상황 시뮬레이션은 시나리오에 의한 훈련으로 진행되어 돌발적인 통신 불능이나 화재, 침수로 인한 복도 파손과 같은 다양한 상황에 대응방안이 미흡하고 정확한 손상 위치와 정도 파악이 불가능하여 상황 전파 및 탈출 경로 판단에 한계가 있다.

이를 해결하기 위한 ICT 기술기반 비상상황 지원시스템은 승선자에게 경로 탐색을 AI 알고리즘을 기반으로 한 다중 경로 탐색을 3초 이내로 제공하며 3D 시뮬레이터로 직관적인 정보를 실시간으로 제공한다. 또한, 기존 통신 시설 파괴로 인한 통신 불능 시 비상 응급통신 장치인 금속체 통신을 통해 상황파악이 가능함으로 대안 경로를 도출하여 최적, 단시간 탈출이 가능하다.

현재, 금속체 통신은 세계최초의 기술이고 금속체 통신과 AI 및 3D 시뮬레이터를 활용한 통합시스템은 기존의 M&S 시스템과 차별성이 있다.

Ⅴ. 비상상황 지원시스템 연구 내용

이번 장에서는 3장의 주요 기술들을 이용하여 선박 안전운항을 위한 ICT 기술기반 비상상황 지원시스템에 대한 Beacon을 이용한 승선자 위치 측위, 3차원 CAD 데이터 현황분석, 3D 형상 경량화와 Unity 기반 3D 형상 가시화, 경로 탐색알고리즘과 AI 기반 3D 시뮬레이션, IoT 기반 비상 통신 장치에 대해 상세히 분석한다.

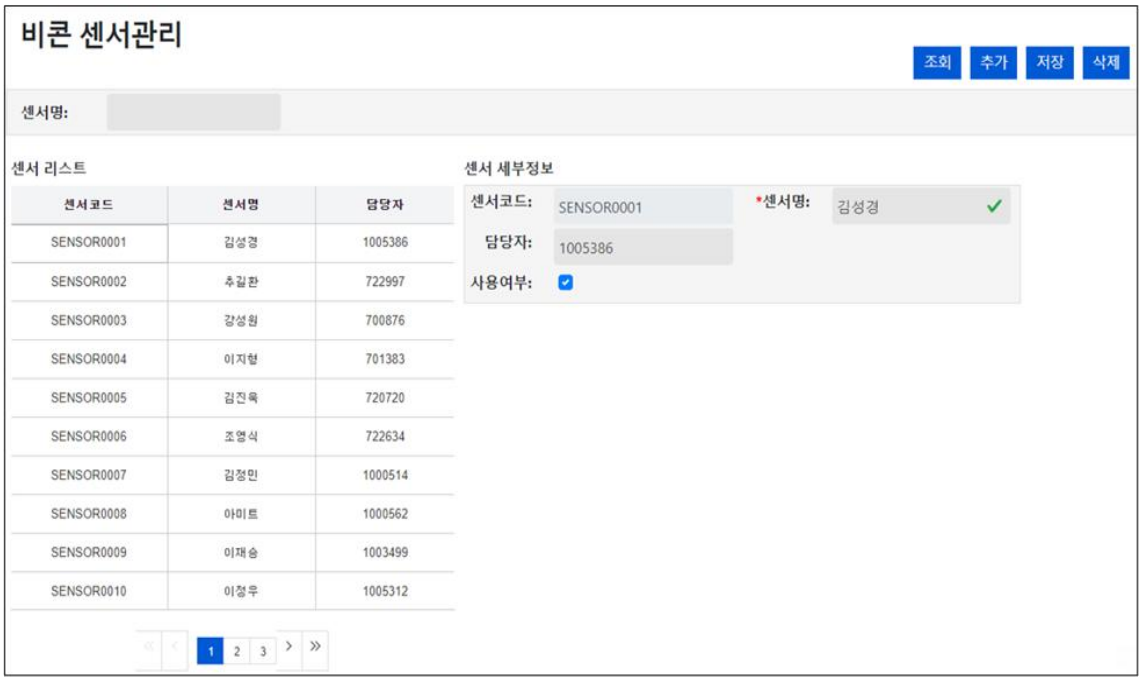
5.1 Beacon을 이용한 승선자 측위

본 연구에서는 Beacon을 통하여 승선자의 위치를 실시간으로 받아 비상상황 발생 시 돌발 상황으로 차단된 격실 및 통로가 있으면 이를 우회하는 대체 경로를 제공할 수 있다.

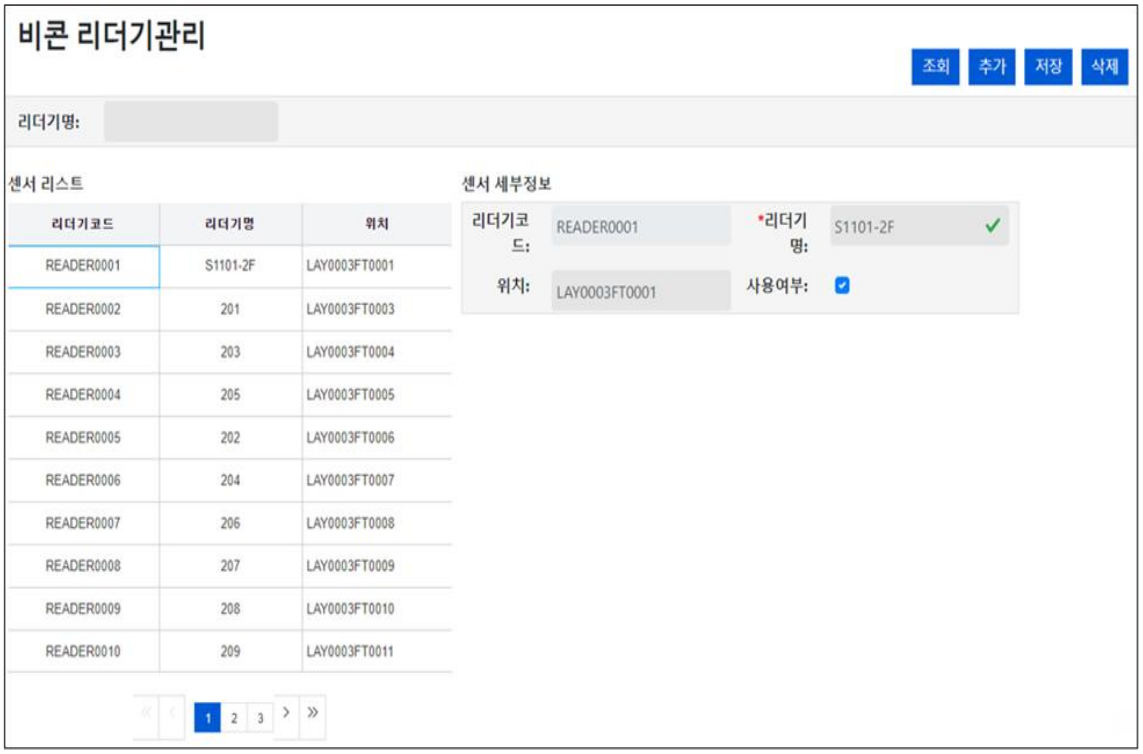
[그림 14. 승선자 관리용 Beacon 적용 (예시)]

애플사 iBeacon을 사용하여 각 Beacon에 ID를 부여하고, 장치 ID 및 각종 설정 정보 저장을 위해 BLE 모뎀은 4.0 이상, 출력 파워는 14db 이상으로 비휘발성 메모리(Eeprom) 기반으로 비콘 리시버를 설정한다. 또한, Beacon 데이터를 수집하는 수신 파트와 수집목록을 인터페이스 장치로 전달하는 전송 파트를 구성하고 정밀한 위치확인을 위해 룸 1개당 리시버 1개씩과 출입구 안팎으로 리시버 1개씩을 설치하여 승하선 인원 관리를 강화한다.

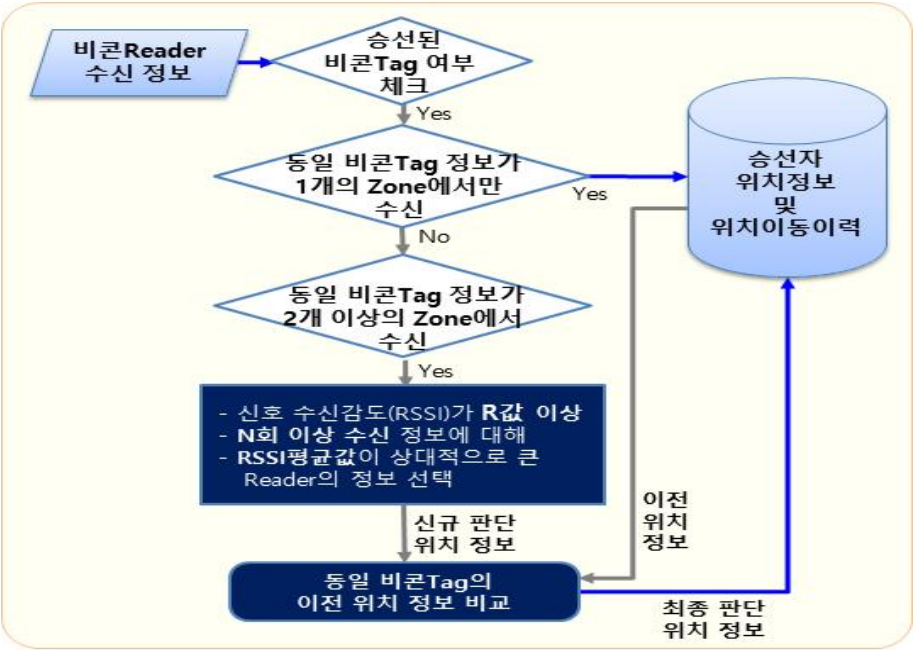
Beacon 센서 관리는 [그림 15]와 같이 승선자 위치 Data 획득용 비콘 센서를 등록·관리하고, Beacon Reader는 [그림 16]과 같이 내부 GIS 기반 위치 정보를 Zone으로 영역 구분하고 Data를 수집하여 관리한다.



[그림 15. 비콘 센서 관리 모니터링]



[그림 16. 비콘 리더기 관리 모니터링]

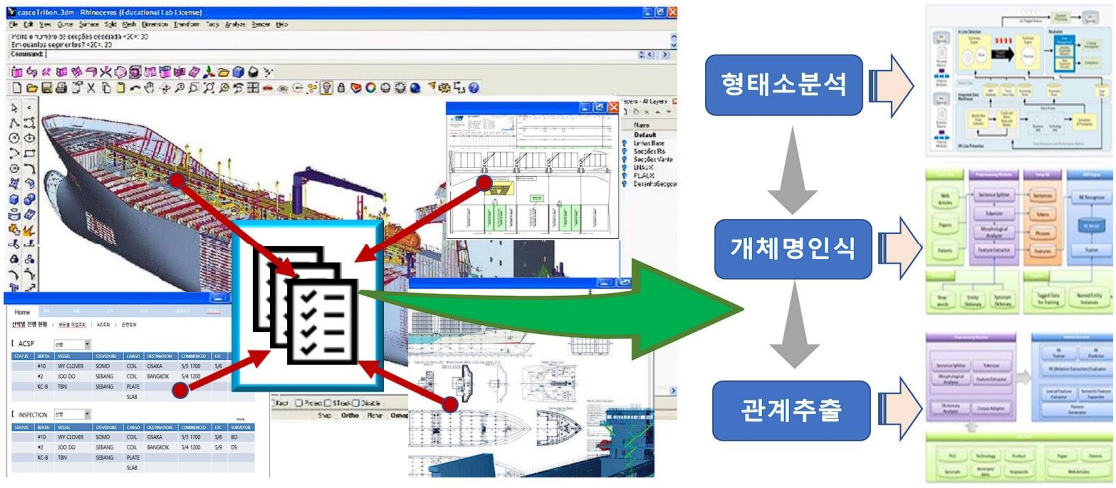


[그림 17. 위치판단 알고리즘 모듈]

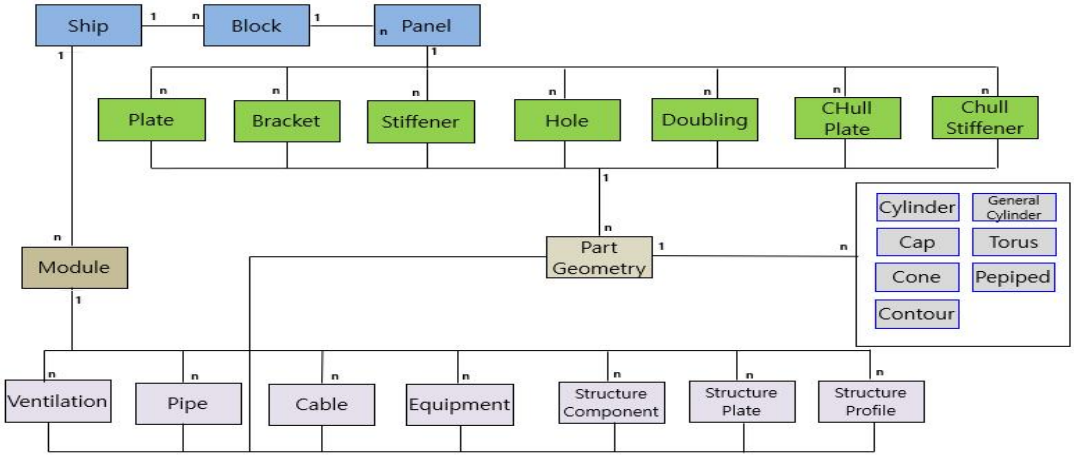
5.2 선박 3차원 CAD 데이터 현황분석

선박설계에 사용하고 있는 전용 CAD 시스템의 형태소, 개체명 인식, 관계추출 등 프로세스를 분석하여 선박설계 데이터의 논리적 구성, 속성, 형상정보 분석 및 각 구성요소 간 연결 관계를 파악한다.

[그림 18]은 형상정보 추출을 위해 선박의 대용량 전용 CAD 데이터를 분석을 나타내었고, [그림 19]는 데이터 분석을 위한 논리적 구조로 가시화하였다.



[그림 18. 선박 전용 CAD 데이터 분석]



[그림 19. 선박 3D 모델 논리적 구조]

5.3 선박 3차원 모델 경량화

선박 3D 형상 경량화(SW)를 위해 대용량 CAD 데이터의 선박형상 RVM 파일 변환 기능과 RVM to FBX 파일 (Unity 파일 형식) 변환 기능을 활용할 수 있다.

먼저, 선박 3차원 모델 형상 별 원시데이터를 dxf, iges, RVM 파일 등으로 포맷하여 분석하였는데 이 중 경량화율이 높은 RVM 파일로 형상정보를 추출하였다.

- Head

```
HEAD
1        1
TRIBON DESIGN
Date
Userld
MODL
1        1
HULL
/Model
```

- Object : Contents 정보

```
CNTB      Contents 시작
1         1
    Object 정보 - Object Name, COG of Bounding Box. color No
      Part 정보(1...N) - Part No, superior Part Name, COG of Bounding Box. color No
        PRIMITIVE 정보(1...N) - Primitive Type(Parallel Epiped, cone, cap, cylinder, Torus,
                                General Cylinder)
                                  Transformation Matrix, Scale, Contour, Hole Contour
CNTE      Contents 종료
1         1
```

[그림 20. RVM Format 분석]

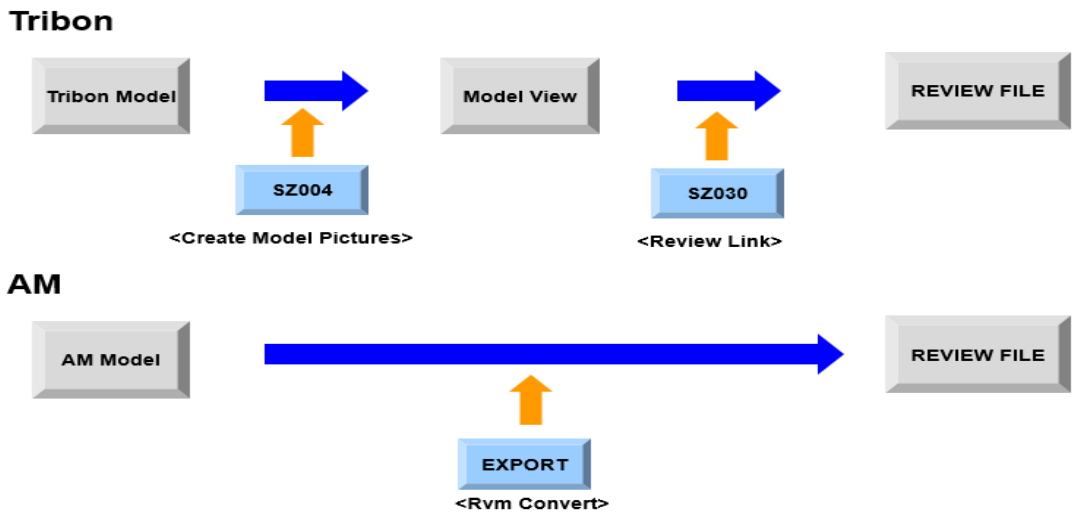
[그림 20]은 RVM 구조를 나타낸 것으로 RVM 파일은 크게 Head와 Object 두 가지 부분으로 나누어진다. Head는 파일의 시작을 나타내며 버전, Date, Userld 등의 정보를 포함하고 Object는 Contents 정보를 포함한다.

다양한 디바이스에 표현 가능한 포맷 분석을 위해 RVM 파일을 FBX 형식으로 외부 3D 모델의 형식을 지원하는 Unity에서 변환해야 하는데 FBX 포맷 모델은 Unity 내부적으로 변환을 거치지 않고 바로 사용되는 파일이며 FBX 파일에서 필요로 하는 텍스쳐 이미지나 애니메이션 등도 그대로 Import 되어 Unity에서 사용될 수 있다.

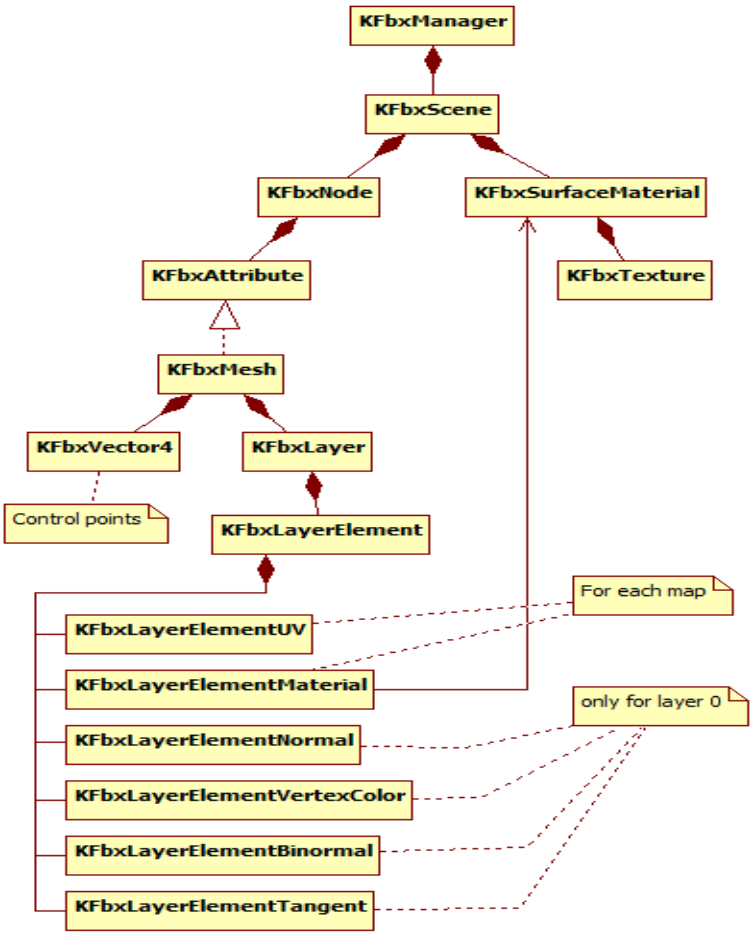
3D 포맷 종류로는 FBX, dae(Collada), .3DS, .dxf 및 .obj를 사용하였는데 FBX 포맷이 가장 적합하다.

본 연구의 경량 모델 변환을 위해 [그림 21]은 추출되는 Metafile의 관계도를 나타낸 것으로 조선소 CAD 시스템을 이용한 형상정보 원시데이터 Metafile과 분석을 통해 부재 형상의 정보 추출 방안을 도출하고 추출 정보의 형태소에 따라 형상 모델링 정보를 추출하였다.

해당 모델링 정보의 좌표 정보 및 조선소 3D 설계정보를 RVM으로 추출하고 Unity에서 용량 및 범용성을 고려할 때 3D 구현의 최적인 FBX Format으로 변환을 [그림 22]와 같이 나타내었다.



[그림 21. 추출되는 Metafile의 관계도]



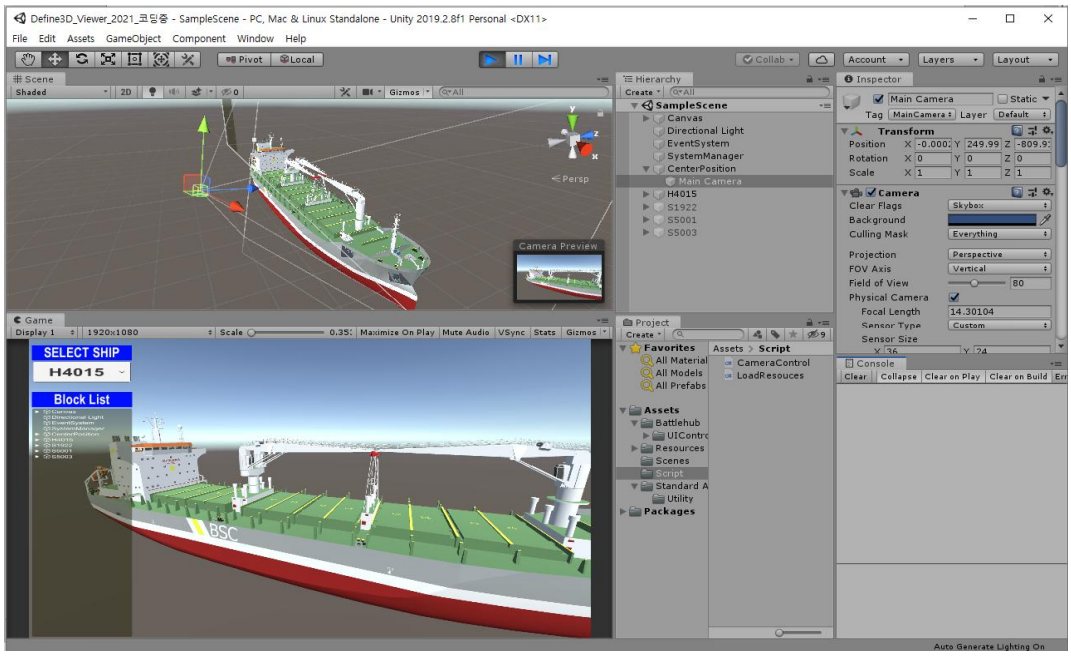
[그림 22. FBX Class Diagram]

5.4 Unity 기반 3D 형상 View

표준화된 인터페이스 방식을 이용한 선박 맞춤형 경량화 모듈 설계와 Component 자체에서 선박 3D CAD 데이터 연동체계 구축한 후 WinForm, Mobile 등 다양한 Device 활용이 가능한 선박 Component를 설계하였다.

Unity 기반 선박 3D 형상 가시화 (SW)를 위해서 FBX 파일 (Unity 파일 형식) Import 기능이 있어야 하는데 Unity는 fbx, .dae (Collada), .3ds, .dxf, .obj 파일을 읽을 수 있고 모델 전체를 임포트하지 않고 모델의 필요한 부분만 임포트할 수 있다.

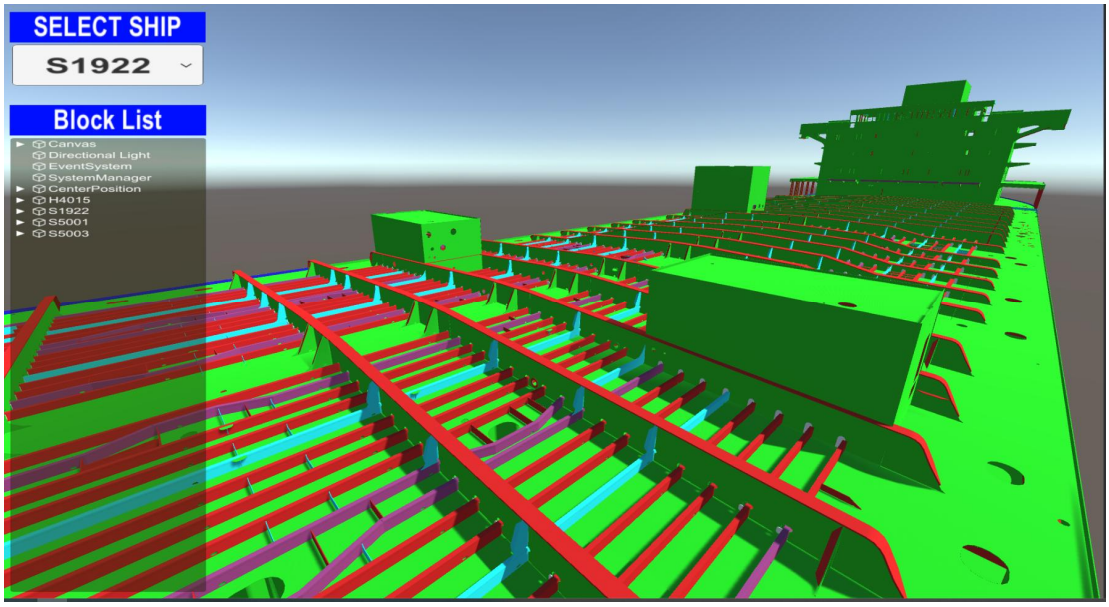
익스포트된 파일은 전용 파일과 비교하면 용량이 적어 모듈 단위 접근 방식이 쉬우며 FBX로 변환형상 모델 정보와 BOM을 맵핑하여 로딩된 모델 트리구조로 모델 확대, 축소, Optimization, 회전 이동 등 뷰어 부가기능이 있어 선택된 모델들을 화면에 표시 및 마우스로 기본 기능을 사용할 수 있다.



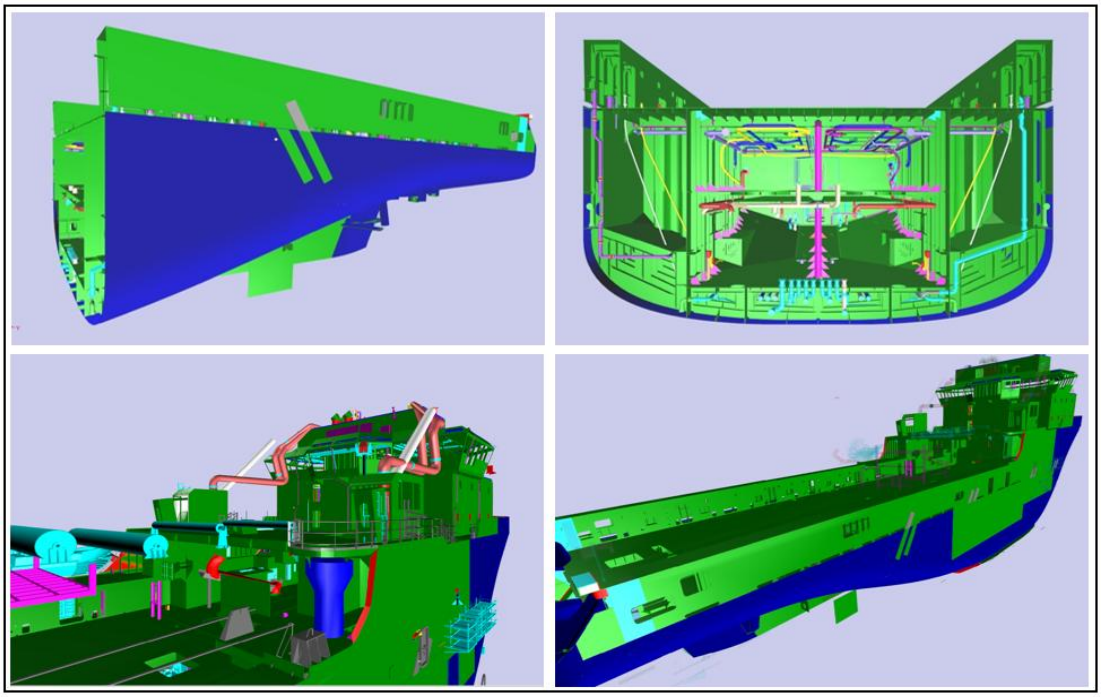
[그림 23. FBX(선체) 전용뷰어 및 UI]

[그림 23]은 선체 FBX 파일 로드용 전용 뷰어 및 기본 UI를 나타낸 것이다.

FBX 변환형상 모델 정보와 BOM을 맵핑하여 로딩된 모델 트리구조와 모델 확대, 축소, Optimization, 회전 이동 등 뷰어 부가기능, 선택된 모델들을 화면에 표시하고 마우스로 기본 기능을 사용할 수 있는 Main View가 기본 UI 구성이다.



[그림 24. FBX(선체) 3D 구현 설계]

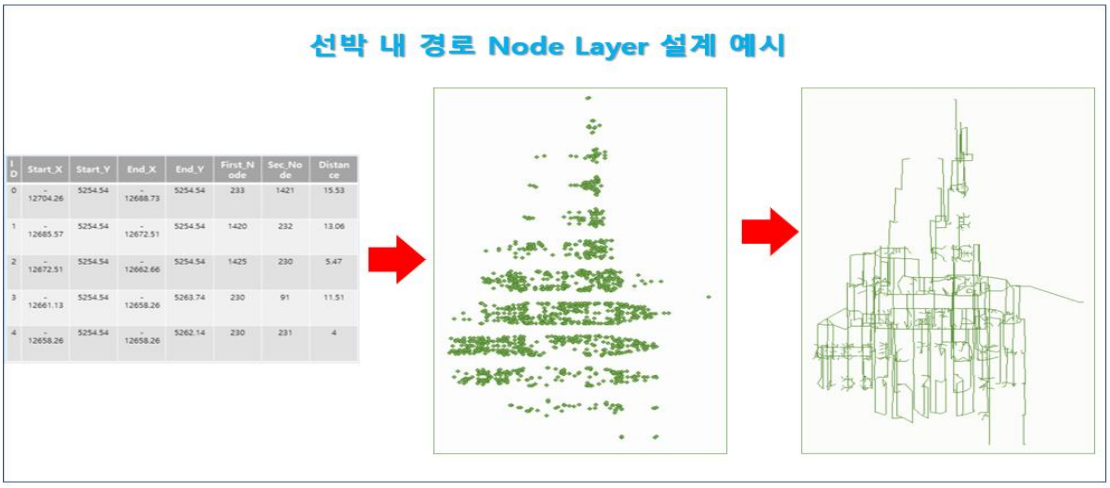


[그림 25. 선체 FBX 3D 로드 테스트 (선체 & Pipe)]

[그림 24]와 [그림25]는 선체 FBX 3D로 선체를 구현한 것을 나타내었다.

5.5 선박 수치 지도

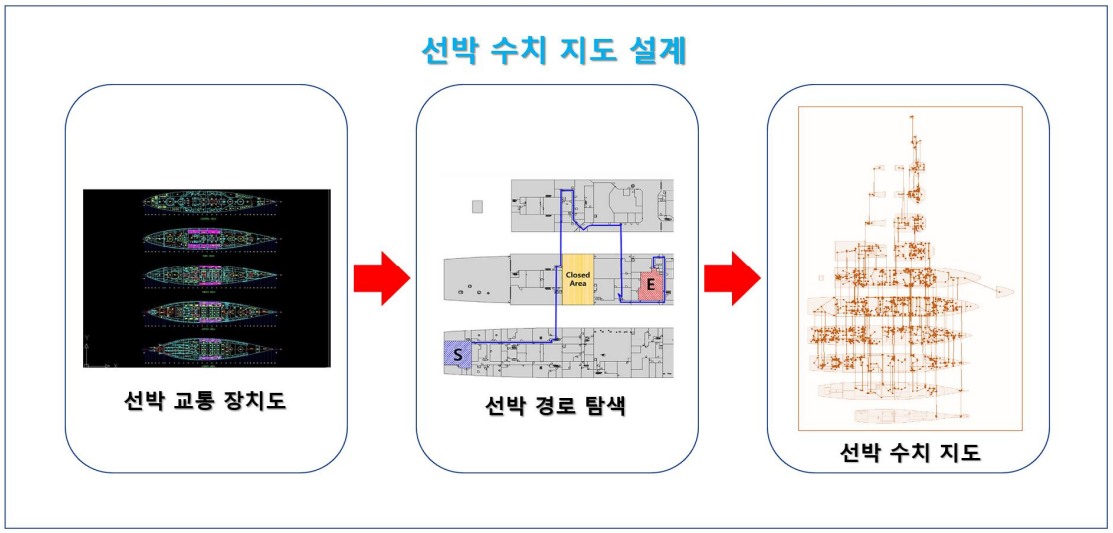
선박 경로 노드를 이용한 경로 Line layer 설계와 경로 시작, 끝 노드 및 X, Y 좌표 작성, 그리고 선박 내 경로 거리 측정을 나타낸 수치 지도를 설계하였다.



ID	Start_X	Start_Y	End_X	End_Y	First_Node	Sec_Node	Distance
0	-12704.26	5254.54	-12688.73	5254.54	233	1421	15.53
1	-12685.57	5254.54	-12672.51	5254.54	1420	232	13.06
2	-12672.51	5254.54	-12662.66	5254.54	1425	230	5.47
3	-12661.13	5254.54	-12658.26	5263.74	230	91	11.51
4	-12658.26	5254.54	-12658.26	5262.14	230	231	4

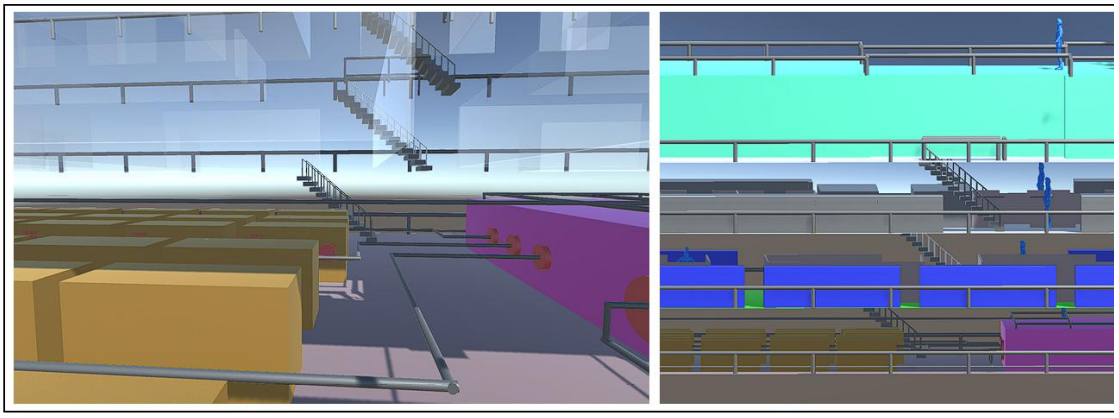
[그림 26. 선박 내 경로 노드 Layer]

선박 내 경로, 절점, 관련 설비를 선체와 다중 갑판구조 등을 고려한 수치 지도화 작업 및 3D 형상과 연동 설계하였다.



[그림 27. 선박 수치 지도 설계]

[그림 28]은 수치 지도화와 3D 형상 연동으로 선박 경로를 구현하여 비상상황 시 신속한 탈출을 위해 가시화하였다.



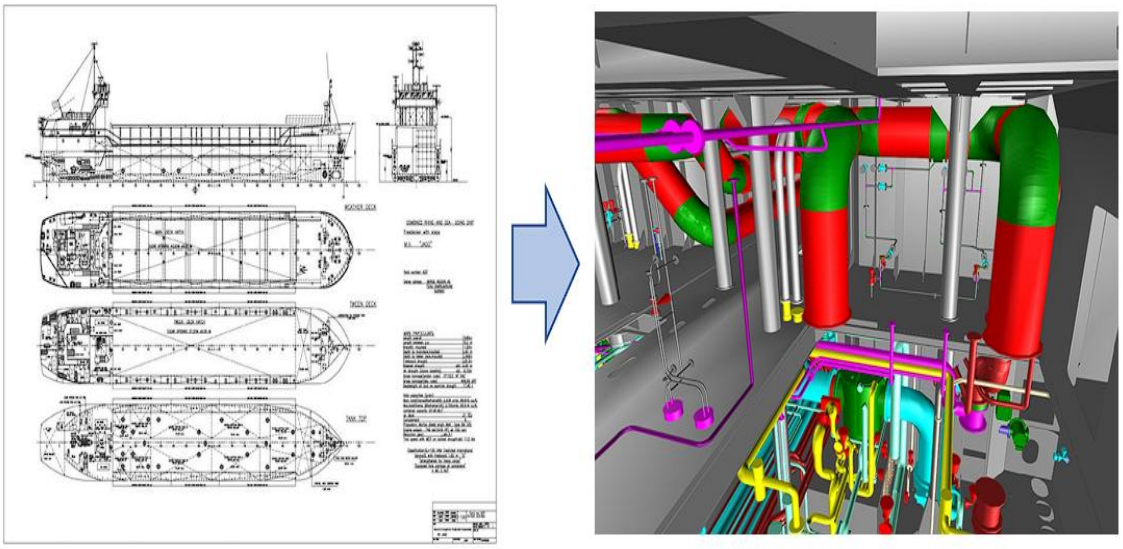
[그림 28. 선박 경로 구현]

5.6 선박 3차원 모델 가시화

선박 모니터링 정보를 3D 형상정보와 연동하기 위해 정보의 정량적 표현 기능을 하는 Textbox, 모델 객체화 등의 요소 기능을 구현한다.

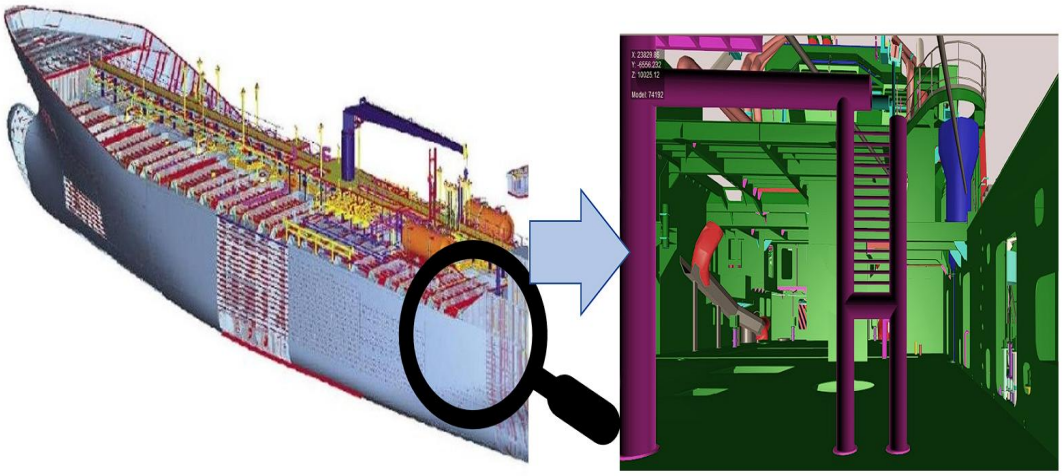
이러한 기능을 구현하기 위하여 모델 동작영역은 3D 엔진 중 하나인 Unity 3D를 사용하였다.

Unity 기반 모델 뷰어 구현을 위해 모델의 Drag & Drop 기능을 이용하여 뷰어 표현, 모델 이동 및 로테이션, 선박 특정 위치 Camera 이동, 사용 용도에 맞춰 LOD(Level Of Detail) 기술 적용하여 스크립트와 리소스/그래픽스를 최적화하였다.



[그림 29 선박 CAD 데이터 경량화 및 가시화 구성]

[그림 29]와 [그림 30]은 선박 환경 구조가 같도록 선박 CAD 데이터를 경량화하여 사실적 환경 모사 및 근사를 위해 3D로 가시화하였다.



[그림 30. 선박 3차원 모델 가시화]

5.7 실시간 탈출 경로 탐색알고리즘

선박의 비상상황 시 신속한 탈출을 위한 경로 탐색알고리즘은 목적지까지 최단 거리와 안전한 경로를 탐색하는 최적 경로 탐색을 우선시해야 하며 탈출 경로의 돌발 상황 시 우회하는 경로를 탐색해야 한다.

비상상황 발생 시 우회경로 탐색 기능을 위해 본 연구에서는 메타 휴리스틱 기법의 하나인 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘, 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 적용하여 탈출 상황 발생 시 선박의 모든 객실에서 외부 갑판으로 향하는 최적 탈출 경로를 도출하였다.

최단 거리와 안전한 경로 탐색을 위해 일정한 주기로 현재의 위치가 탈출 경로 과정을 쉽게 하도록 최적 경로 탐색에 유용한 알고리즘을 활용해 반복적으로 최적 해의 탐색 과정을 통해 탈출 경로를 즉각 판별한다.

1) 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘

보행속도 추측 Deep Learning은 비상 탈출 시뮬레이션 상용 프로그램인 Pathfinder를 이용하여 data를 구축하고 그 구축된 데이터를 이용해 Input Layer에 입력한 뒤 그 데이터를 기반으로 알고리즘 Hidden Layer들의 가중치들이 학습이 진행될수록 데이터들에 맞게 업데이트된다.

약 17,000개의 데이터를 사용하여 학습이 완료된 가중치들을 토대로 새로운 데이터를 입력해주면 학습된 가중치들을 기반으로 탈출 경로와 탈출시간을 예측해 알려 준다.

재해별 특성에 따른 진압 및 탈출 경로 탐색을 위하여 경로의 Node 속성을 이용한 경로 타입 설정하고 재해별 Distance matrix 구성(Distance x 해당 재해별 Penalty)하였다.

ID	Start_X	Start_Y	End_X	End_Y	First_Node	Sec_Node	Distance
0	-12704.26	5254.54	-12688.73	5254.54	233	1421	15.53
1	-12685.57	5254.54	-12672.51	5254.54	1420	232	13.06
2	-12672.51	5254.54	-12662.66	5254.54	1425	230	5.47
3	-12661.13	5254.54	-12658.26	5263.74	230	91	11.51
4	-12658.26	5254.54	-12658.26	5262.14	230	231	4
				⋮			

✓ 화재/침수 진압

통로 타입	가중치
수직 사다리	× 1
경사 사다리	× 1
수평 통로	× 1

✓ 연기 배출

통로 타입	가중치
수직 사다리	× 0.1
경사 사다리	× 100
수평 통로	× 1

✓ 환자 이송

통로 타입	가중치
수직 사다리	× 100
경사 사다리	× 0.1
수평 통로	× 1

[그림 31. 경로 Line Layer 속성 테이블]

사람의 보행속도를 평균 0.9 ~ 1.58m/s로 고려하여 탈출 속도를 계산하면

$$S = K - ak\frac{1}{d^2\pi} \qquad (1)$$

S는 탈출 속도이고 k는 [표 3]의 사람 탈출 시 보행속도를 나타낸다.

[표 3. 사람의 보행별 일정 탈출 속도]

구분	K
성인 남성	1.581481438
성인 여성	1.357187892
아이	1.054320959
노인	0.9341865571

진행하려는 앞쪽에 있는 사람만 비교 대상으로 삼는다. 사람의 진행 하려는 방향 벡터인 V_p와 다른 사람의 위치인 H_i에서 현재 사람의 위치인 H_c로의 벡터 V_d의 내적으로 식 (2)로 현재 사람의 앞에 있는 사람인지 아닌지를 판별할 수 있다. 식 (2)의 내적 값이 양수이면 H_i가 H_c의 앞에 있는 것으로 판단한다.

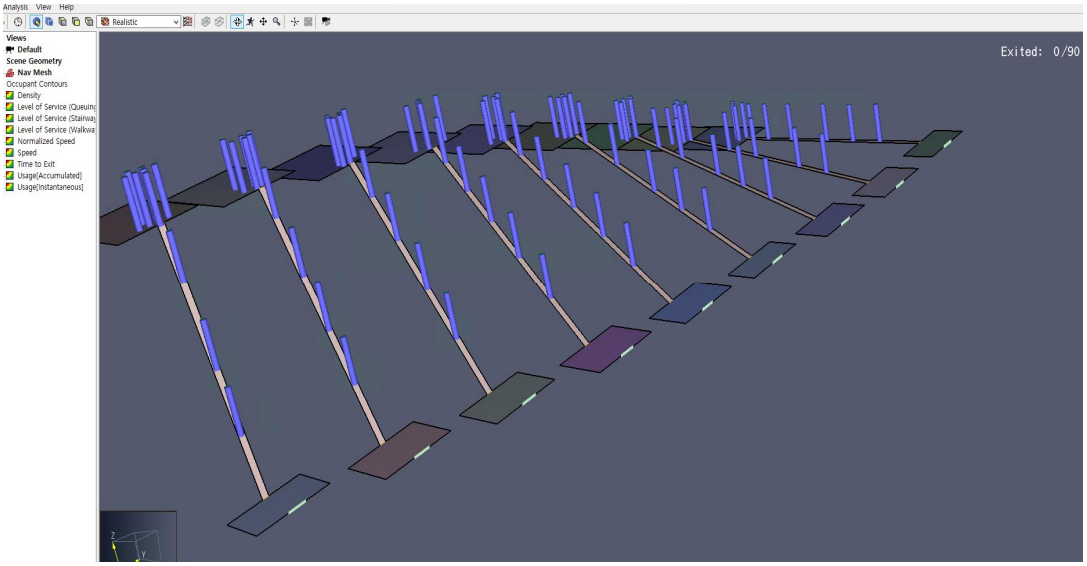
$$V_p \bullet (H_i - H_c) \qquad (2)$$

두 번째 단계와 세 번째 단계와 네 번째 단계에서는 현재 사람의 위치에서 앞의 위치한 모든 사람에 대해서 거리를 계산하여 현재 사람과 최소거리에 있는 사람과의 거리를 계산하는 단계이다.

보행속도 Deep Learning Regression 모델 DataSet 통로의 Case는

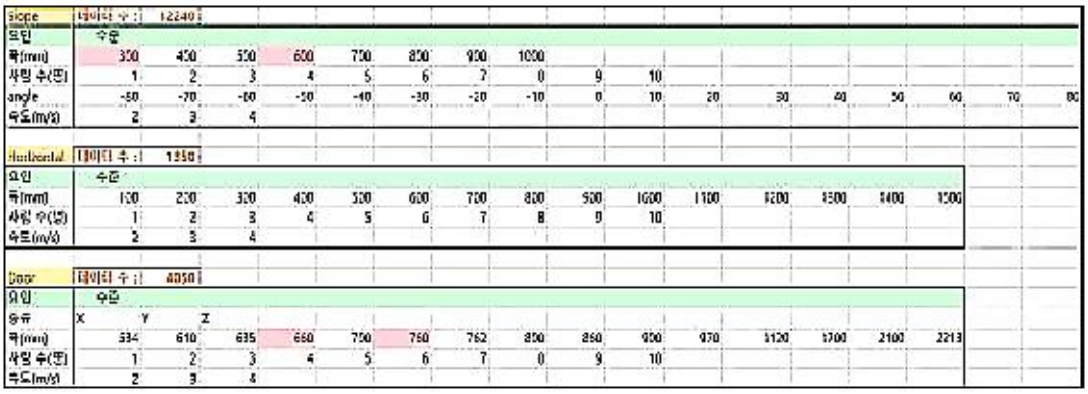
- Slope : Inclined, Declined, Rung
- Horizontal
- Door : Door, Hatch, Scuttle, Manhole

등으로 비상 탈출 시뮬레이션 상용 프로그램인 Pathfinder를 이용해 Data를 구축하였고, Horizontal : 1,350개 Data, Slope : 12,240개 Data, Door : 4,050개 Data를 구축하였다.



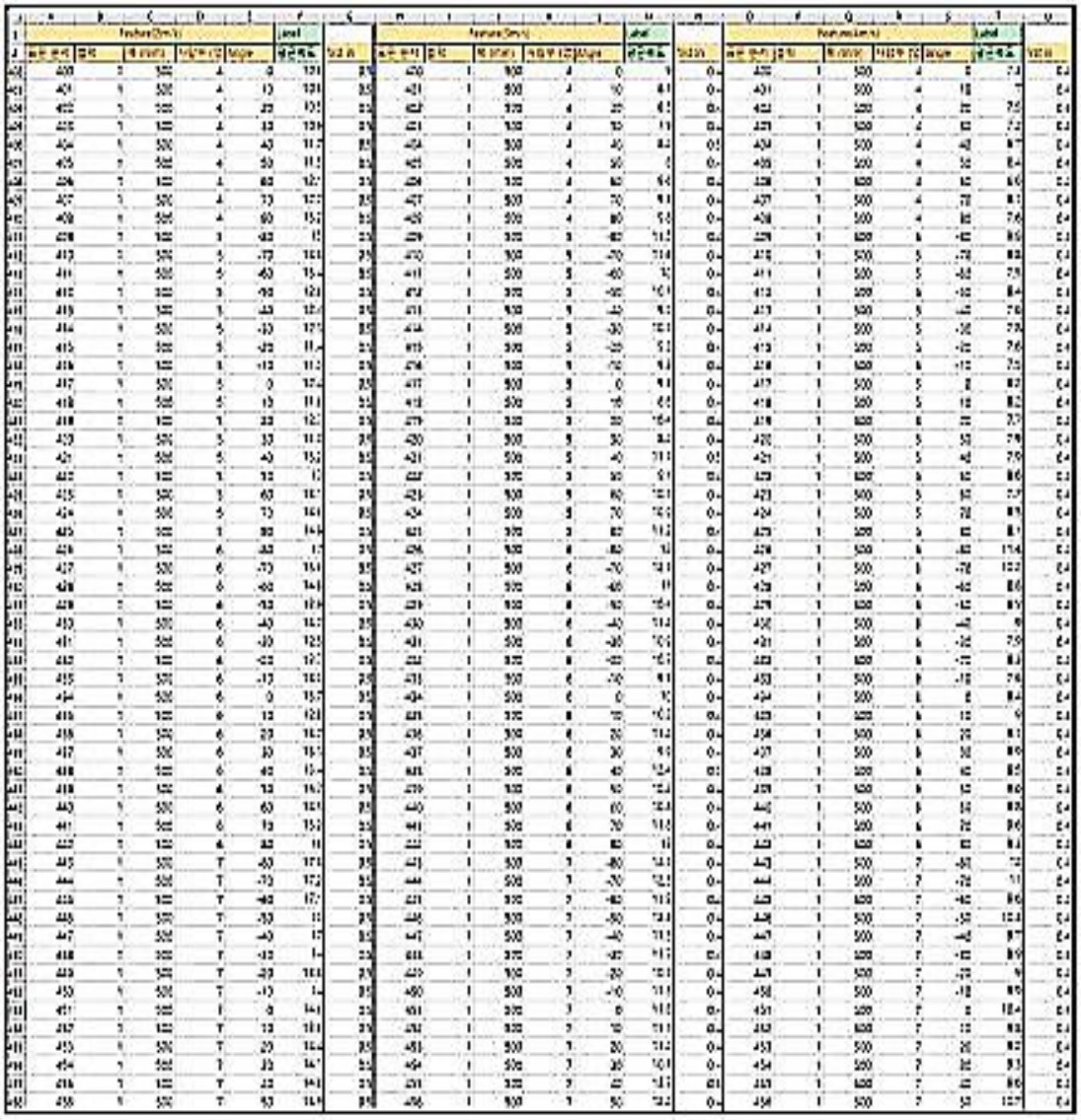
[그림 32. Pathfinder를 이용한 Slope Data 구축]

[그림 32]는 Pathfinder 프로그램을 이용해서 Slope Data 구축, [그림 33]은 여러 가지 통로 Data 구축, [그림 34]는 Excel에 정리한 Data를 나타낸 것이다.



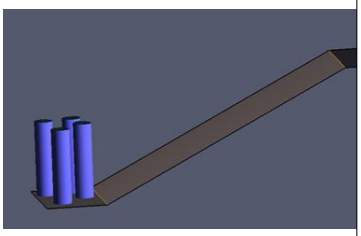
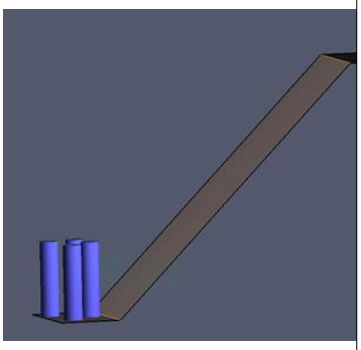
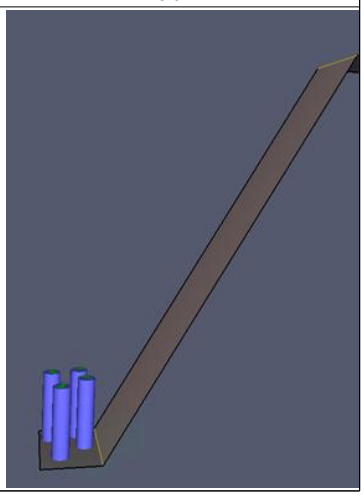
Slope	데이터 수 :	12240															
요인	수준																
폭(mm)	300	400	500	600	700	800	900	1000									
사람 수(명)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
angle	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
속도(m/s)	2	3	4														
Horizontal	데이터 수 :	1950															
요인	수준																
폭(mm)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500		
사람 수(명)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
속도(m/s)	2	3	4														
Door	데이터 수 :	4050															
요인	수준																
방향	X	Y	Z														
폭(mm)	334	610	635	660	750	760	762	800	860	900	970	1120	1700	2100	2213		
사람 수(명)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
속도(m/s)	2	3	4														

[그림 33. 통로데이터의 DB 구축]



[그림 34. 구축된 DB]

딥러닝으로 통로 넓이, 통과 인원, 통로의 종류, 탈출 상황 등 조건별 보행속도와 단순한 물적인 거리정보 이외에 보행속도에 영향을 줄 수 있는 모든 인자를 포함한 Distance Matrix 구축으로 탈출 경로 및 탈출시간을 예측한 후 최단 거리 탐색을 보장하는 완전 탐색알고리즘인 다익스트라 알고리즘을 활용하여 최적 경로를 탐색한다.

Slope 각도 예시 - Inclined, Declined, 수직 사다리(Rung)		
30°	45°	60°
		

[그림 35. 각 조건별 Pathfinder 경로 모델링 진행 (예시)]

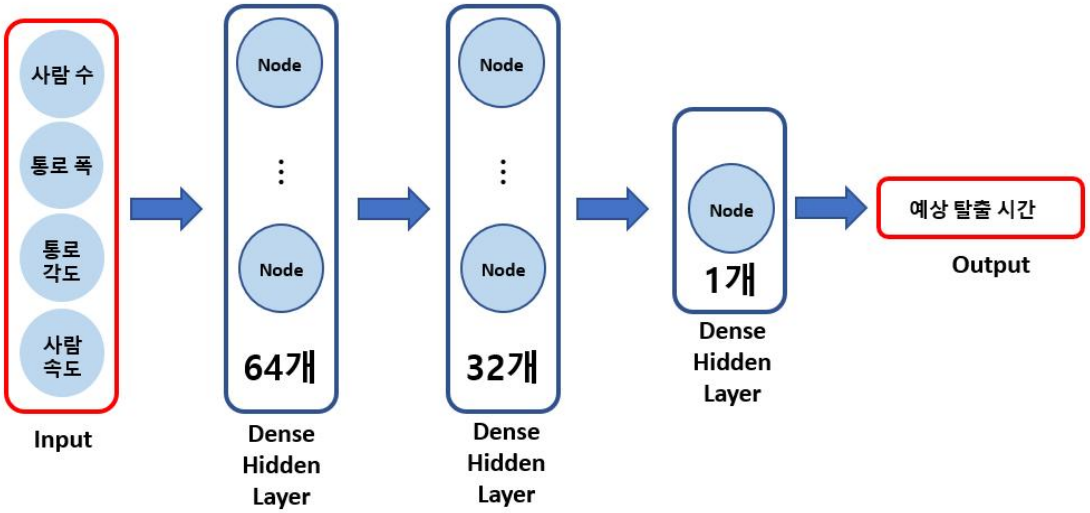
[그림 35]는 보행속도와 탈출시간 예측을 위해, Pathfinder 경로 모델링을 30°, 45°, 60° 와 같이 Slope 각도 조건으로 나누어 진행하였다.

```
model = Sequential()
model.add(Dense(64, input_dim=X_train.shape[1], activation='relu', kernel_initializer='he_normal'))
model.add(Dense(32, activation="relu"))
model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))
model.compile(loss=MeanSquaredError(), optimizer='adam', metrics=['MeanSquaredError'])

# fit the keras model on the dataset
history = model.fit(X_train, y_train, epochs=nepochs, batch_size=32, verbose=2, validation_split=0.2)

# evaluate the keras model
loss, _ = model.evaluate(X_test, y_test, verbose=0)
print('MSE: %.4e' % (loss))
```

[그림 36. 보행속도 예측 모델링 코드]

.

[그림 36]은 딥러닝을 보행속도 예측 모델링을 함수로 구현하였다.



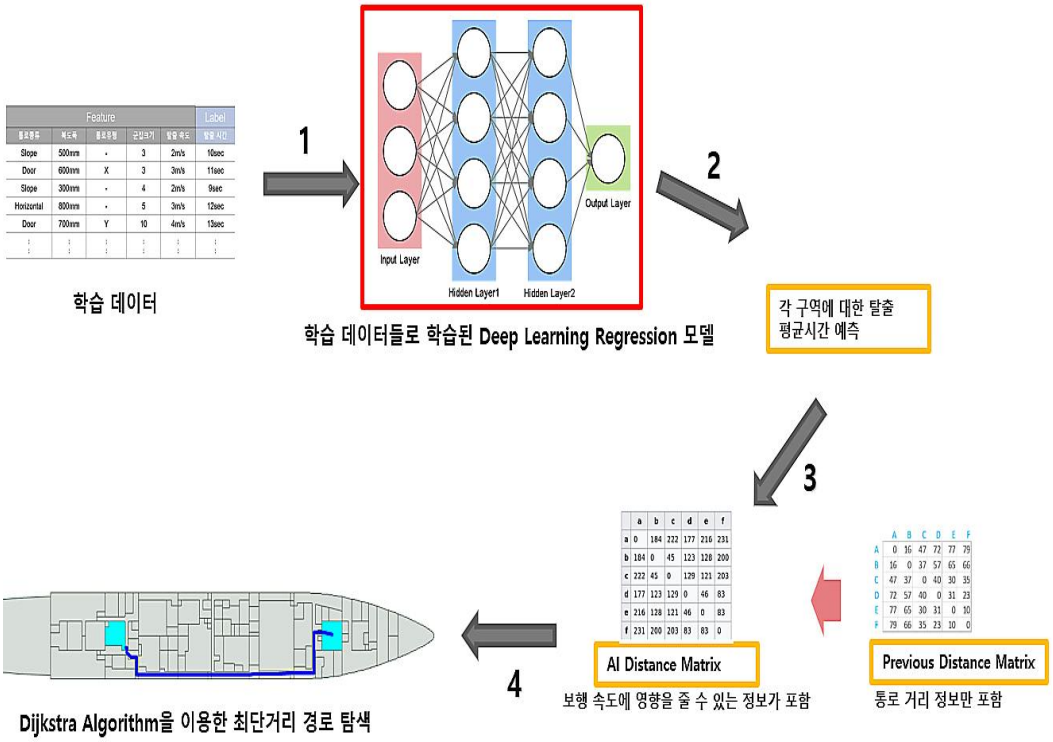
[그림 37. 예상 탈출시간 산출 블록도]

[그림 37]은 사람 수, 통로 폭, 통로 각도, 보행속도 등을 딥러닝을 통해 산출한 블록도를 나타낸 것이다.

2) 최단 경로 탐색알고리즘

각 구역에 대한 탈출 평균시간과 통로 거리정보, 보행속도, 보행속도에 영향을 줄 수 있는 학습 데이터들로 딥러닝 알고리즘과 최단 거리 경로 탐색알고리즘인 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 하이브리드 시켰다.

[그림 38]은 AI Distance matrix 기반 최단 경로 탐색알고리즘 구현도를 나타낸 것으로 비상상황이 발생하면 최단 경로 탐색알고리즘이 탈출 경로를 계산할 때 학습된 데이터를 기반으로 시작지점부터 비상구까지 최단 경로가 탐색 되어 가장 가까우며 최적의 경로를 제공한다.



[그림 38. 최단 경로 탐색알고리즘 구현도]

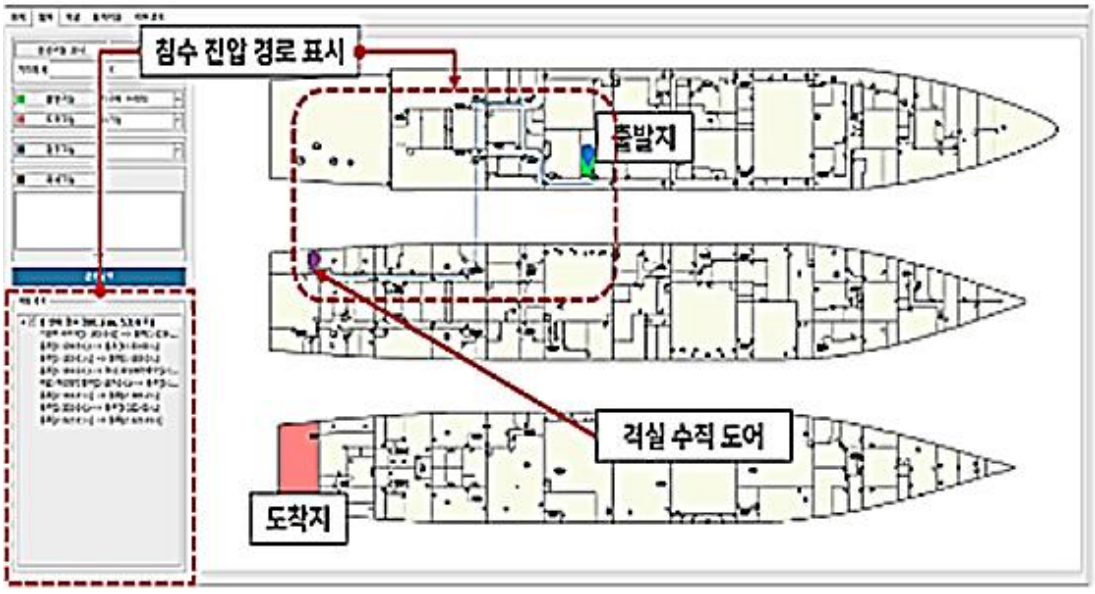
최단 경로 탐색알고리즘인 다익스트라 알고리즘의 최단 경로를 찾기 위한 소스 그래프 배열은 다음과 같다.

```
function Dijkstra(G, w, s)
    for each vertex v in V[G]
        d[v] := infinity
        previous[v] := undefined
    d[s] := 0
    S := empty set
    Q := set of all vertices
    while Q is not an empty set
        u := Extract_Min(Q)
        S := S union {u}
        for each edge (u,v) outgoing from u
            if d[v] > d[u] + w(u,v)
                d[v] := d[u] + w(u,v)
                previous[v] := u
```

AI Distance matrix 기반 최단 경로 탐색알고리즘을 통해 재해별 진압 경로 탐색에서 화재 발생 시 화염에 의한 열과 연기로 인한 수직 도어 사용이 어려워 수평 경로 도어를 우선 탐색하도록 한다.

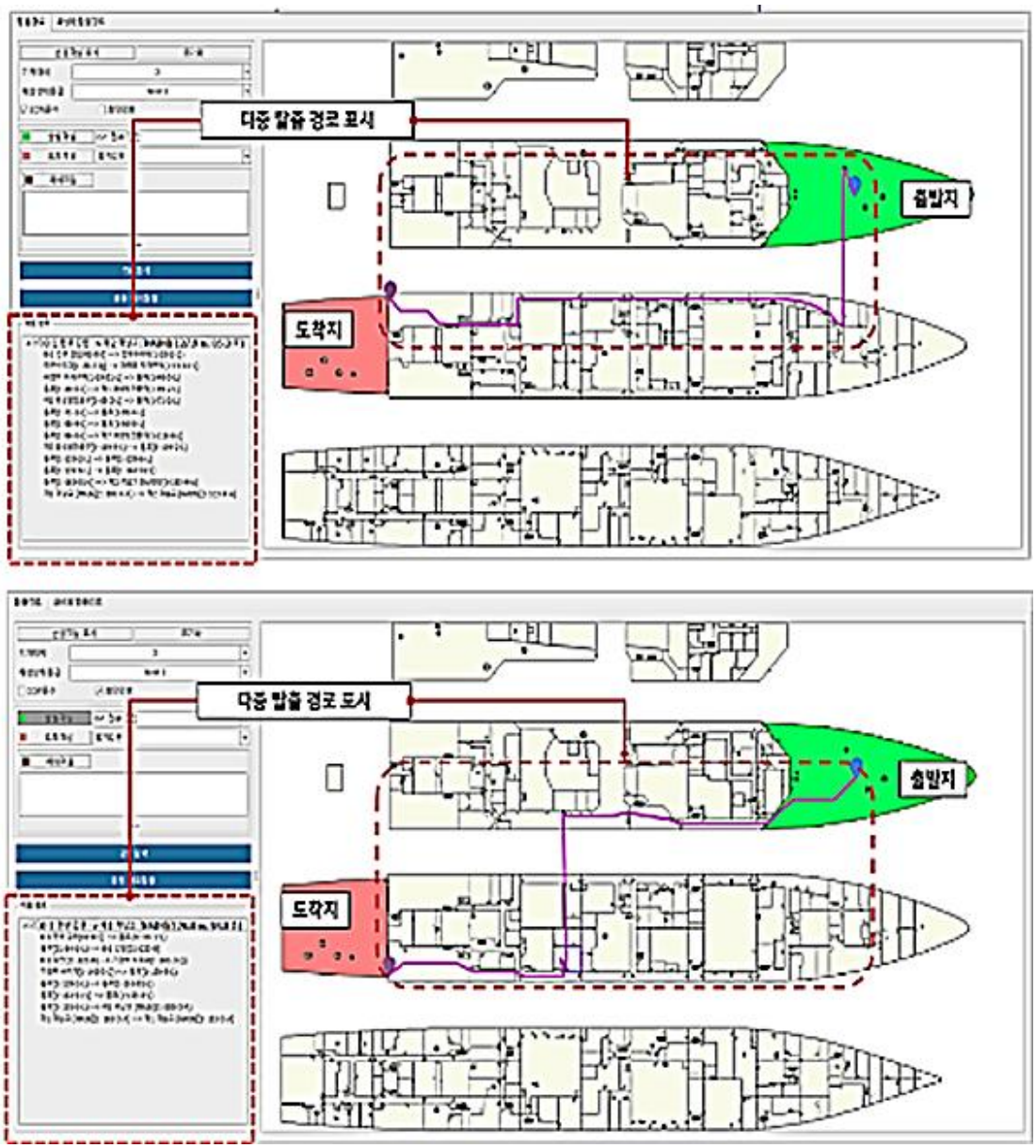
[그림 39. 화재 시 진압 경로 탐색]

[그림 39], [그림 40]과 [그림 41]은 화재, 침수 시 딥러닝 알고리즘과 다익스트라 알고리즘을 하이브리드 시킨 AI Distance matrix 기반 최단 경로 탐색알고리즘이 구현한 진압 경로 및 다중 탈출 경로 탐색을 실행시킨 화면이다.



[그림 40. 침수 시 진압 경로 탐색]

화재 발생 시와 달리 침수 상황 시는 유입된 해수로 타 격실 전파 위험이 존재함으로 격실의 수직 경로 도어를 우선 탐색하도록 한다.



[그림 41. 다중 탈출 경로 탐색]

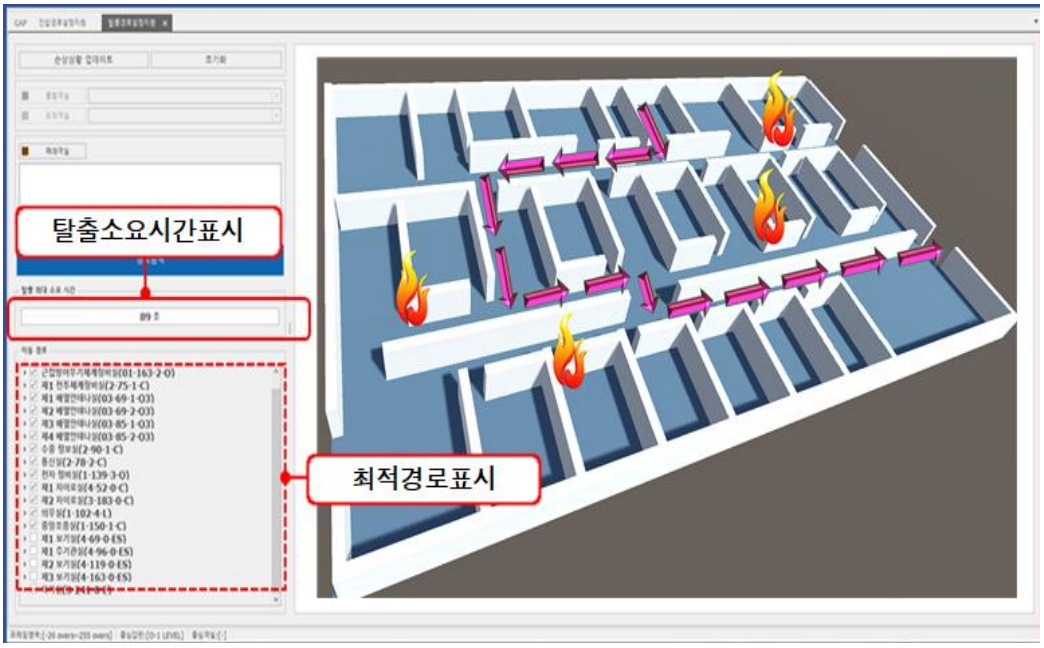
선박 내 비상상황 시 탈출 경로 탐색은 모든 객실에서 외부 갑판으로 향하는 탈출 경로를 탐색하도록 하였고 선박의 Station bill 기준 탈출 출발지 및 도착지 설정, 선박의 Station bill에 따른 多 대 多 경로로 탐색하도록 한다.

5.8 선박 비상상황용 AI 기반 3D 시뮬레이션

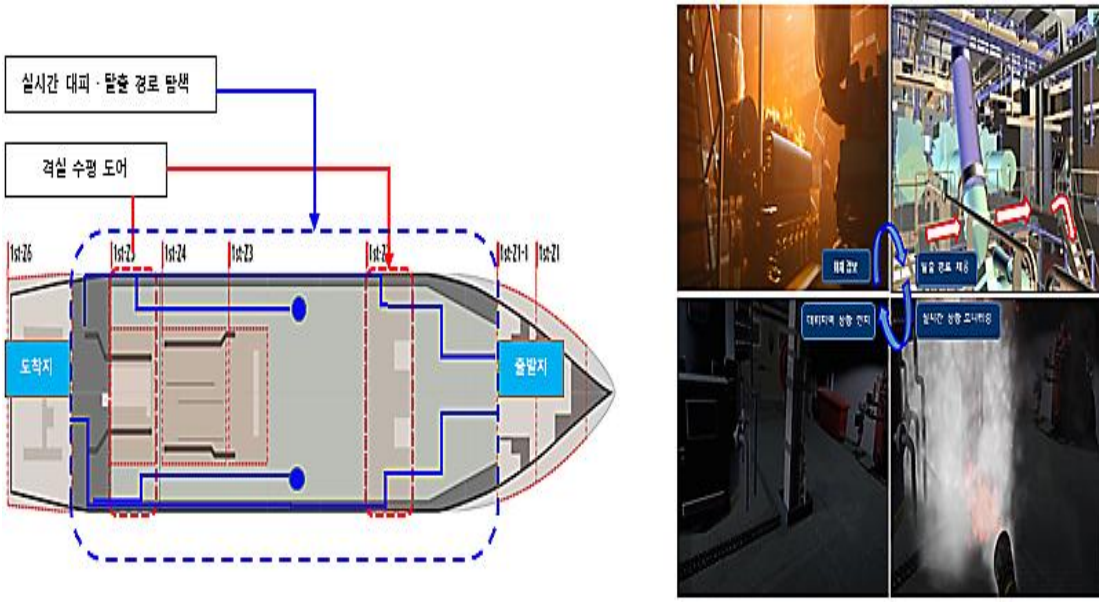
Unity 기반 선박 3차원 위기상황 탈출 경로 시뮬레이션은 최단 경로 디스플레이 기능과 비상상황 발생 시 최적 경로 3D 시뮬레이션 기능을 탑재하고 있으며, 선박 내 화재와 침수와 같은 비상상황 발생 시 탈출 경로 탐색알고리즘을 적용한 Unity 기반 3차원 위기상황 대처 시뮬레이션한다.

선박 탑승객 전원이 대피·탈출하는 경우 반시계 방향, 소수 인원의 경우 이동 방향을 무시하고 설계하고 다중 갑판구조를 고려한 시간 지연을 반영한다.

또 탈출 소요시간 계산은 선체 구조에 의한 영향을 고려하고 차단된 격실 및 통로가 있으면 이를 우회하는 대체 경로를 설정하도록 하며 우회 대피 경로가 필요한 경우, 비상상황에서 최적 경로 설정되도록 설계한다.



[그림 42. 선박 탈출 최적 경로 실행 화면]

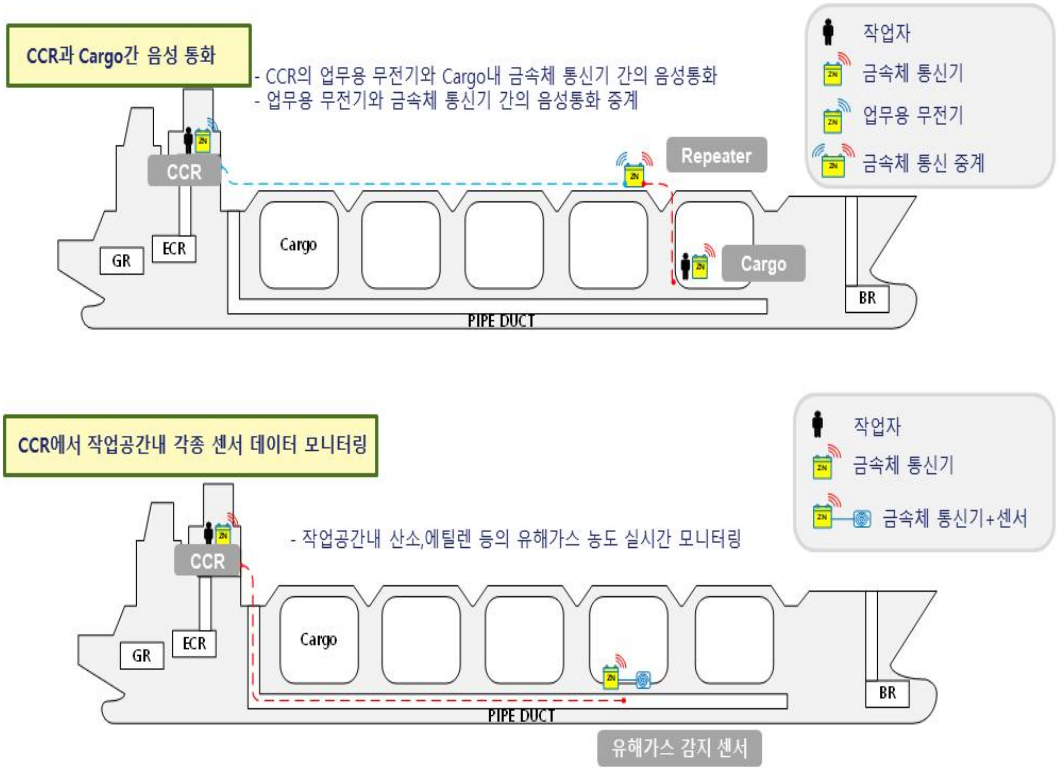


[그림 43. 선박 화재 시 탈출 경로 3차원 시뮬레이션]

5.9 선박 네트워크 기능 손실 대비용 IoT 기반 비상 통신 장치

금속체 통신기는 금속 표면에 전자기장을 발생시켜 밀폐구역 내에서도 자유롭게 통신할 수 있는 기술로 금속 구조물인 벽면이라면 어디서든 통신할 수 있어서 선박 내 다양한 용도의 통신 시스템으로 활용할 수 있고 금속체 통신 디바이스를 통하여 기존 선박 기술과의 호환 및 연동, 자유로운 확장이 가능하다.

금속 격벽으로 인한 음영 구역에서의 무선통신은 불가능한 것으로 인식되었는데, 금속체 통신기는 CCR(Cargo Control Room)과 Pipe Duct 간 180m 거리의 음성 통화를 성공(조선소 실선 테스트 완료) 함으로 선박 내 기존 네트워크 기능이 손실되었을 때 비상 통신으로 활용할 수 있다.



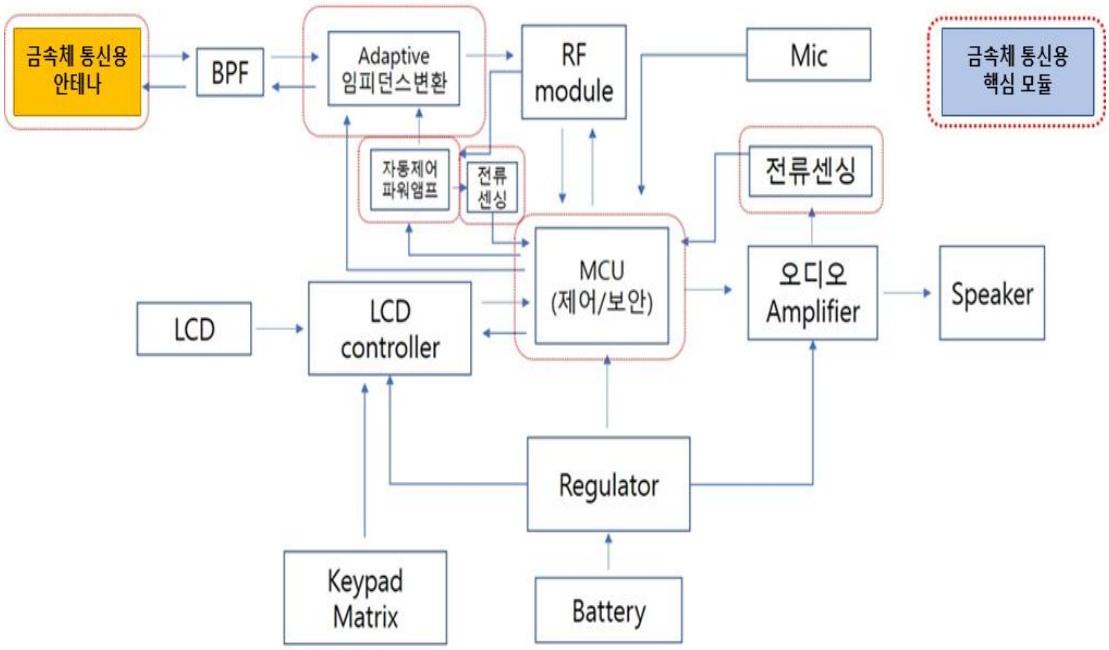
[그림 44. 선박 내 금속체 통신 운영]

[그림 44]는 CCR에서 Cargo, CCR에서 Pipe Duct 간 통신이 가능함을 보여주며 금속체 통신기에 유해가스 감지 센서를 연결하면 실시간 모니터링 가능하다.

금속 격벽에 의한 무선통신 음영지역을 커버하는 금속체 통신기기는 자석을 이용하여 금속 벽면에 부착 후 사용하는데 송신기와 수신기로 음성 및 데이터 신호전송을 한다.

[그림 45. IoT 기반 비상 통신 장치 - 금속체 통신기]

통신 음영 구역용 금속체 통신기 시스템 블록도는 [그림 46]과 같다.



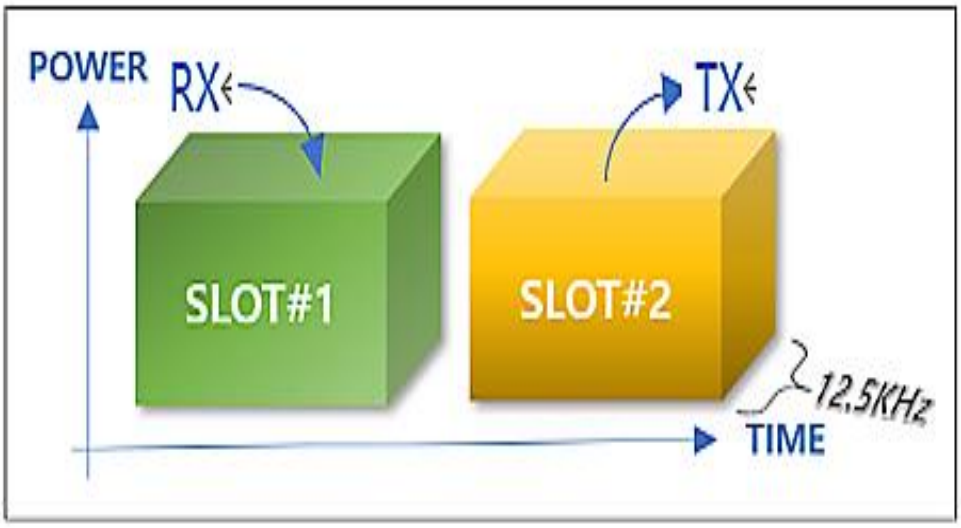
[그림 46. 통신 음영 구역용 금속체 통신기 시스템 블록도]

금속체 통신기는 센서 데이터 수집 및 기존 표준 통신 규격과 연계 할 수 있는 인터페이스 장치로 N개의 센서에서 감지되는 센싱 데이터를 1대의 비상 통신 장치에 데이터 전송을 할 수 있고 기존 통신 규격을 가진 센서 데이터 수신을 위한 LPWA, Wi-Fi, 시리얼 통신 등 다양한 통신방식을 수용할 수 있다.

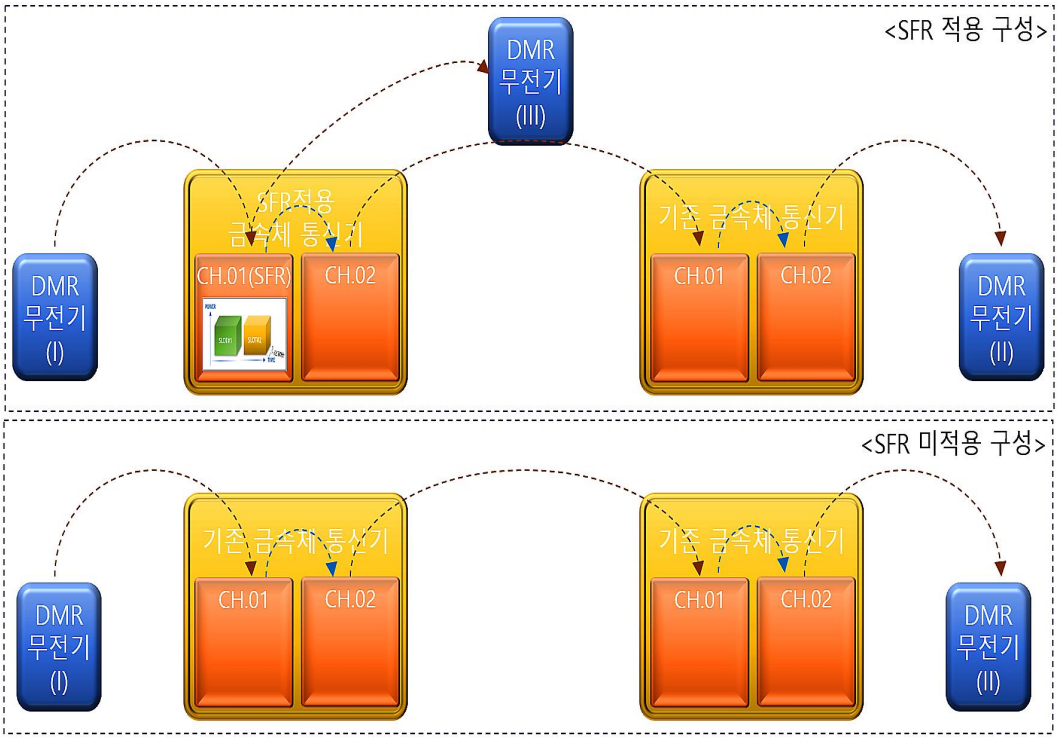
또한, 금속체 무선통신으로 음성 및 데이터 신호전송으로 선내에서 발생하는 각종 정보를 실시간 공유하여 실제 비상상황에서 신속히 상황전달이 가능하다.

금속체 통신기는 선박 내 격벽 환경에서의 통신 모듈의 동작 확인과 비상상황 지원시스템 통합화, 선박 테스트 구성과 같이 LNG 선박 테스트를 진행하여 실선 테스트 시 비상 통신 장치의 1:1 이상의 통신을 SFR[11](Single Frequency Repeater) 기술을 적용하여 1 : 2 통신이 가능하다.

11) 한 채널을 SLOT#1, SLOT#2로 시 분할 후, #1 Timing에 신호를 수신하고 #2 Timing에 신호를 송신하는 이론



[그림 47. SFR 개념도]

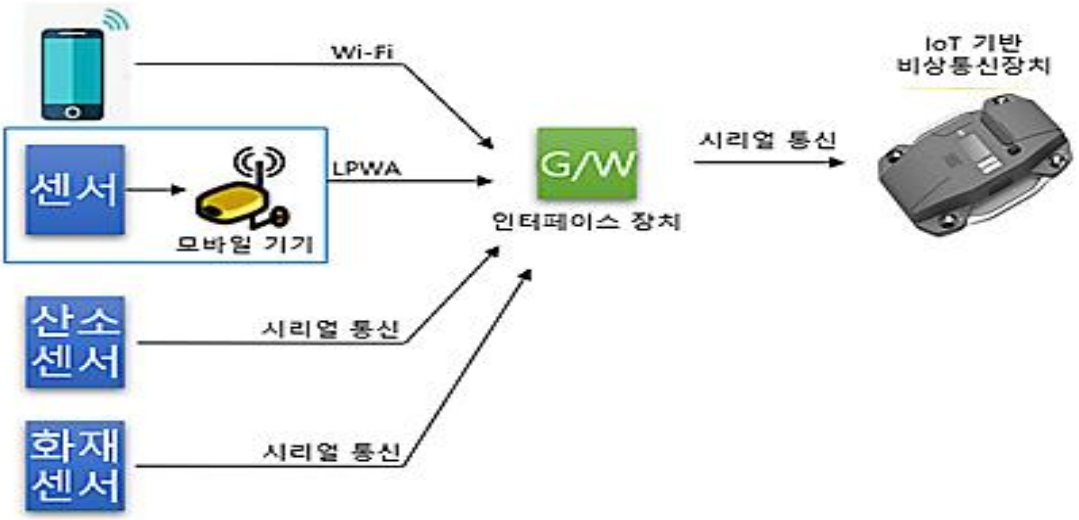


[그림 48. 금속체 통신기 vs SFR 적용 금속체 통신기 구성]

[그림 48]은 기존 금속체 통신기가 1:1 통신만 가능하였는데 SFR을 적용하여 1:2, 1:3, 1:N이 가능함을 나타낸다.

음성통신만 가능하던 금속체 통신이 데이터 전송이 가능하여 Beacon 및 각종 위험

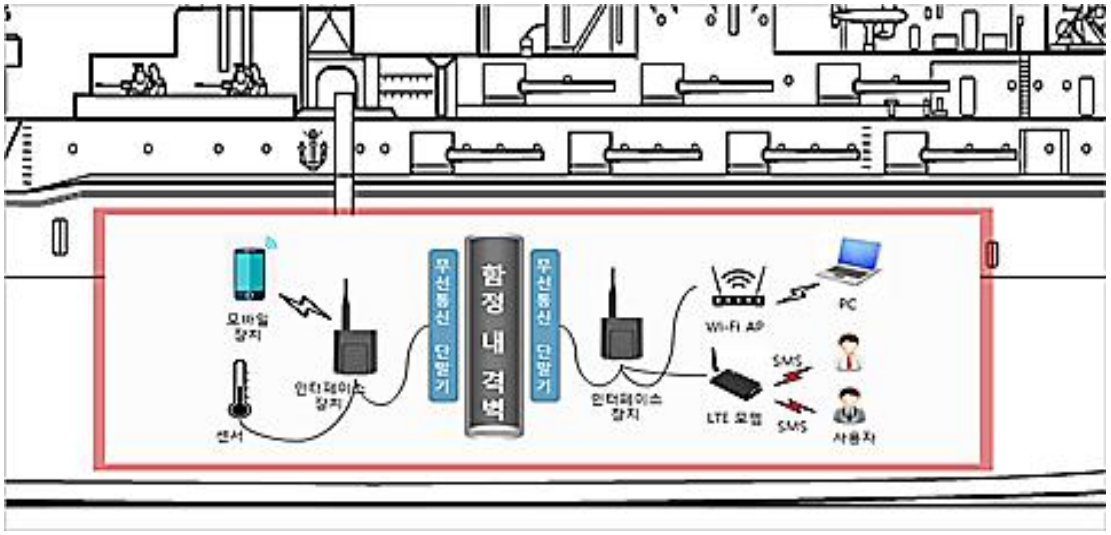
감지 센서들과 1 : N 통신을 나타낸 개념도로 금속체 통신과 인터페이스장치를 통해 무선으로 통신할 수 있다.



[그림 49. N개의 센서 데이터를 수신하는 인터페이스 장치 개념도]

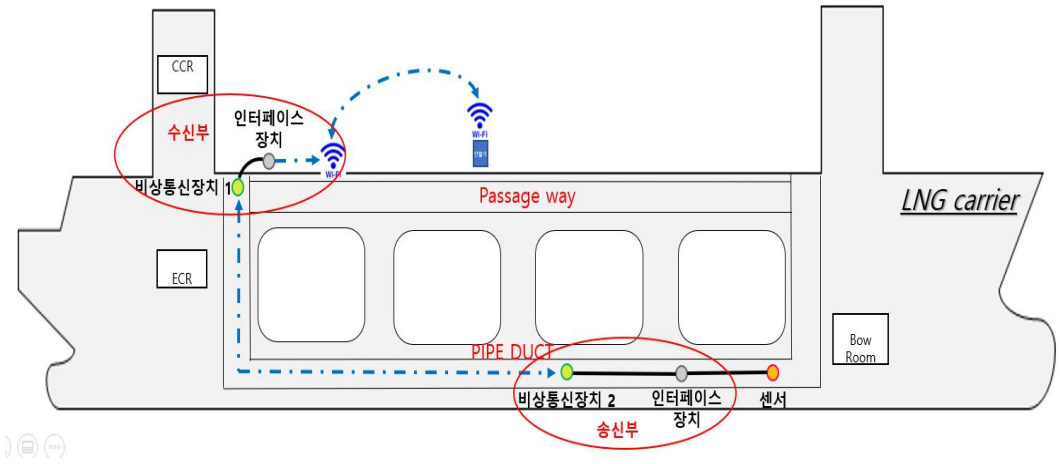
[그림 50]은 금속 격벽을 매질로 하는 금속체 통신기(송신기)를 자석을 이용하여 벽에 붙이면 수직 방향의 전기장을 전파하여 데이터를 보내는 원리로 원활한 통신이 가능하여 인터페이스장치를 연결하면 다양한 IoT 센서 및 모바일 장치 등 각종 디바이스들을 유선 케이블 없이 통신이 가능함을 나타낸다.

비상상황 시 케이블 파손으로 기존 통신 불능 상태라도 센서에서 전송된 정보가 실시간 서버로 전송된다.



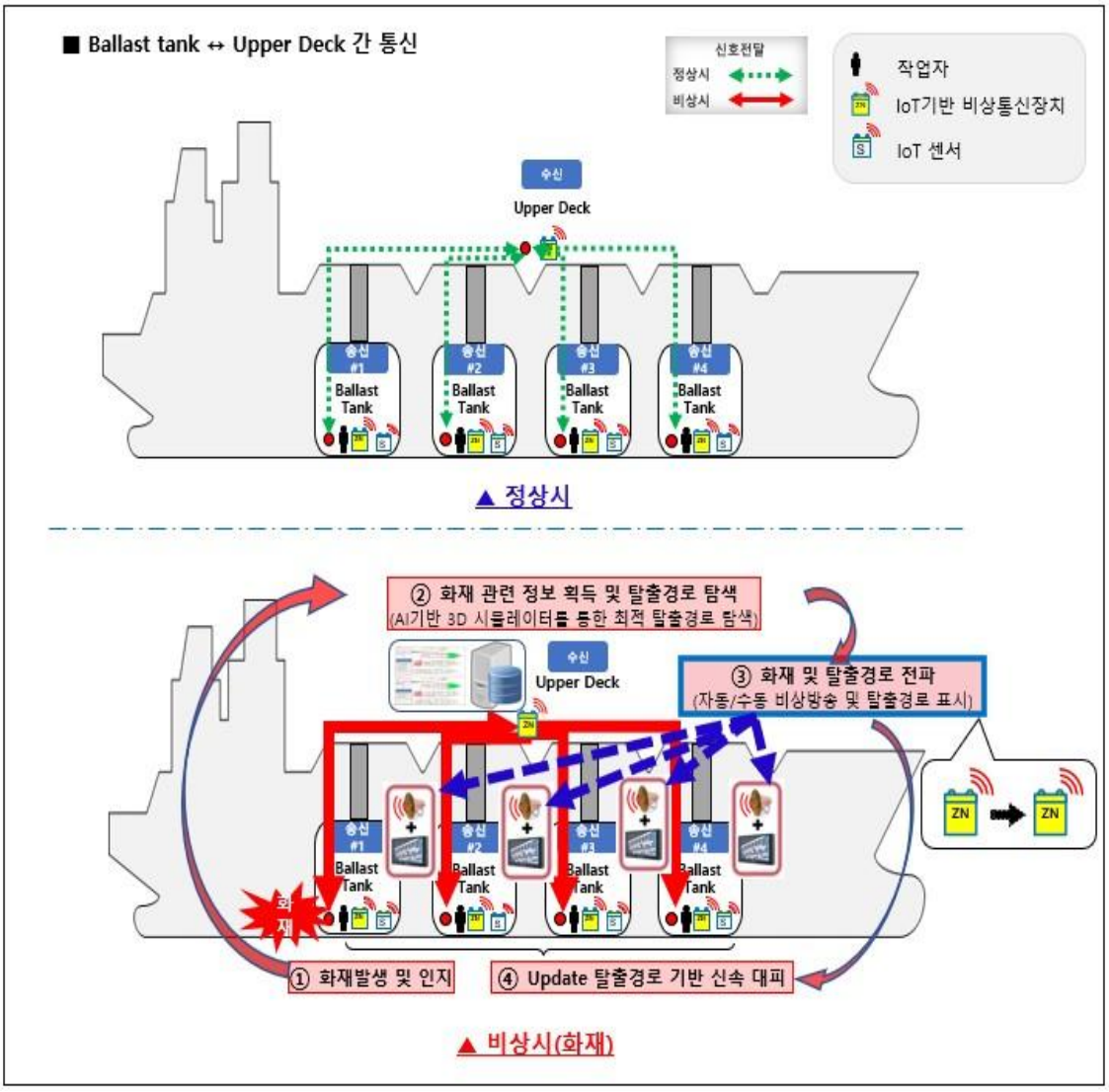
[그림 50. 다양한 IoT 센서 데이터 수신 게이트웨이]

[그림 51]은 SFR 기술이 적용된 금속체 통신을 이용하여 LNG 선박에서 테스트 구성을 나타낸 것인데, LNG 선박의 Pipe duct는 금속 격벽으로 인한 통신 음영 구역으로 무선통신이 불가능한 구역이었으나 금속체 통신 수신부와 송신부에 인터페이스장치를 연결하여 180m까지 데이터와 음성 전송이 가능함을 LNG 선박 테스트를 통해 확인하였다.



[그림 51. LNG 선박 테스트 구성]

[그림 52]에서는 화재로 인한 비상상황 발생 시, IoT 기반 비상 통신 장치인 금속체 통신기와 화재 감지 센서를 통해 이벤트를 인지하여 Upper Deck에 전송하면 화재 관련 정보를 획득한 후 AI 기반 탈출 경로를 탐색하는 과정을 보여주고 있다. 이후, IoT 기반 비상 통신 장치인 금속체 통신기를 통해 탈출 경로를 실시간 전파하여 신속한 대피가 이루어지도록 한다.



[그림 52. 비상상황 발생 시 비상 알림 통신 시나리오 (화재)]

Ⅵ. 결론

최근까지 화재나 침수 같은 비상상황을 가상 환경으로 구현하고 대응 훈련을 하는 등 활발한 연구와 함께 훈련에 활용되고 있지만, 현장 상황에 대한 사실성 저하와 제한된 시나리오로 인해 돌발 상황에 대한 대처 능력이 떨어지고 있다.

본 논문에서는 선박 내 화재, 충돌, 침수와 같은 비상상황 발생 시, 금속체 통신을 기반으로 승선자 위치와 비상상황을 파악 후 AI 기반 알고리즘을 통해 우회경로 도출과 최적 탈출 경로 지원해주는 ICT 기술 기반 비상상황 지원시스템을 제안하였다.

본 연구기술은 화물선, 여객선, 함정 등 비상 탈출이 필요한 모든 선박에 활용 가능하며, 기존 통신환경 불능 시 금속체 통신기술과 3D 시뮬레이터 등의 통합시스템을 기반으로 효과적인 선원 대피 훈련 교육수단으로 활용될 수 있다.

또한, 선박 설계데이터 관리 및 분석 플랫폼에 대한 개발기술 확보와 3D 경량화를 통한 선박 디지털 트윈 기술 활용이 가능하며 통신 두절에 따른 신속대응 불가로 발생하는 중대 재해율 80% 이상이 감소할 것으로 기대한다.

실제 상황에서 가장 중요한 요소인 시스템 반응속도의 경우 딥러닝 기반 최적 경로 탐색 후 3초 내 전달되어야 하는데, 이를 위해서는 첫째, 무선통신 네트워크가 안정되어야 하고 둘째, 알고리즘 연산 속도가 빨라야 하며 셋째, 딥러닝 학습 데이터가 확보되어야 한다.

마지막으로, 최근 비상상황 시 인간행동의 특성과 탈출 경로를 선택하는 요인 분석에 관한 효과적인 연구가 활발히 진행되고 있으므로 향후 인간 심리 성향을 고려한 비상상황 지원시스템이 개발되어 선박뿐만 아니라 다양한 산업들에 적용되길 기대한다.

참고 문헌

[1] 김정영, 함정에 적용한 화재 시뮬레이션에 관한 연구, 부산대학교, 석사학위논문 (2008)강대석 외 10명, 선박 비상 훈련/평가/ 통제용 3차원 시뮬레이션 시스템 개발 보고서, 과학기술부 (2005)

[2] 정진기 외 1명, 선박 화재 대응 훈련을 위한 가상 선원 훈련 플랫폼 개발, 한국항해항만학회지 제40권 (2016)

[3] 현미진 외 1명, 실내 위치 효율성 분석을 위한 Beacon 신호 특성 연구, 한국융합학회논문지 제9권 (2018)

[4] 김용범, Beacon을 이용한 실내 LBS에서 위치 측위 정밀도 향상 연구, 서울시립대학교, 석사학위논문 (2018)

[5] 황현서, 효율적인 실내 위치 측위를 위한 BLE 기반의 Beacon과 WPS의 성능 비교 및 분석, 한국기술교육대학교, 석사학위논문 (2016)

[6] 장길웅, 이동통신에서 리포팅 셀 계획을 위한 타부서치 기반 최적화 알고리즘, 한국정보통신학회논문지 Vol. 24 (2020)

[7] 박미연 외 3명, 피난 경로 분석 및 유도 알고리즘 개발에 관한 연구,한국방재안전학회 논문집 제8권 제1호 (2015)

[8] 조성진, 지형 공간정보 및 경로 탐색알고리즘을 이용한 최적 강하지역 선정 모형, 국방대학교, 석사학위논문 (2017)

[9] 이남호 외 2명, 스테레오 카메라를 이용한 3차원 정보의 가시화, 전자공학회 논문지 제47권 (2010)

[10] 김원욱 외 2명, AI 기법의 Q-Learning을 이용한 최적 퇴선 경로 산출 연구, 해양환경안전학회지 vol 24 (2018)

[11] 정채윤 외 3명, 2차원 3 자유도 인체 모델을 이용한 가속도 기반의 여객선 승객 탈출 분석 시뮬레이션, 한국 CAD/CAM학회 학술발표 논문집 (2010)

[12] 김별 외 1명, 선박 거주 구역 화재 시뮬레이션을 위한 격자 크기와 생성방법에 관한 연구, 해양환경안전학회지 vol 23 (2017)

[13] 박석현 외 1명, LoRa WAN 통신 기반의 선박 내/외부 승선자 측위 및 위험 상황 감지 시스템, 한국 멀티미디어학회지 vol. 23 (2020)

[14] 박석현, LoRa 통신 기반의 내/외부 승선자 안전관리 시스템, 동의대학교, 석사학위논문 (2019)

[15] 심남훈, 다중이용 선박의 안전관리시스템 설계에 관한 연구, 한국해양대학교, 석사학위논문 (2012)

[16] 강대석 외 10명, 선박 비상 훈련/평가/ 통제용 3차원 시뮬레이션 시스템 개발 보고서, 과학기술부 (2005)

[17] 황준수 외 1명, 긴급 재해 발생 시 피난 지원을 위한 탈출 경로 탐색 알고리즘, 한국 콘텐츠학회논문지 vol. 16 (2016)

[18] 오소정, 효율적인 가시화를 위한 3차원 건물 모델의 일반화, 서울시립대학교, 석사학위논문 (2009)
[19] 차주환 외 2명, 조선해양 생산 시스템을 위한 CAD경량화 중립 포맷 개발 현황, 대한조선 학회지 제54권 (2017)
[20] 도대만 외 4명, 긴급피난 지원을 위한 탈출 경로 탐색 알고리즘, 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집 vol. 52 (2013)
[23] 하솔 외 5명, 보행 방향 포텐셜 함수 기반의 탈출 경로 결정 알고리즘을 이용한 여객선 승객 탈출 시뮬레이션, 대한조선학회논문집, Vol. 50 (2013)
[24]] 허유민, 스마트사회에서 정보통신(ICT) 융합기술 및 서비스 활용의 사회경제적 의의와 활성화 유인을 위한 연구, 연세대학교, 석사학위논문 (2013)
[25] ICT 표준화전략맵, ICT 융합 자율운항선박 (2019)
[26] 박민수 외 4명, 재해 대응을 위한 건물 진단 3D 가시화 솔루션 개발, 한국방재학회지 (2018)
[27] 신동희 외 1명, “국내 재난 관련 공공 앱의 활성화 방안 연구,” 한국콘텐츠학회 논문지, Vol. 14 (2014)
[28] 이민정, 긴급상황 시 군중 피난 시뮬레이션 기법 제안에 대한 연구, 부산대학교, 석사학위논문 (2010)
[29] 권선욱, 연령별 피난시간에 따른 피난 계획에 대한 연구, 중앙소방학교 졸업논문 (2001)
[30] 류상일, 네트워크를 통한 효율적 재난대응체계 구축 - 한국과 일본의 재난 사례를 중심으로, 한국콘텐츠학회 Vol.4 (2006)
[31] 김홍태 외 2명, 인적요소를 고려한 선상 탈출 시뮬레이션 기술, 한국시뮬레이션학회, 춘계학술논문집 (2001)
[32] 공인영 외 1명, 해양 위해도 저감 핵심기술 개발(Ⅱ) ; 인적요소를 고려한 탈출 분석 기법 개발, 해양시스템안전연구소 연구보고서 (2001)
[33] 이강훈, 인간행동 패턴에 대한 고찰과 피난로 설계에 적용방법에 관한 연구, 대한 건축학회논문집 (1997)
[34] 공수철, 선박대피 역학모델 개발에 대한 연구, 서울대학교, 석사학위논문 (2003)
[35] 김영은, 수상함 훈련용 M&S 체계 발전 방향 연구, 한성대학교, 석사학위논문 (2016)
[36] 구문석 외 7명, 다중 전파측위 융복합 시스템의 M&S 소프트웨어 설계, 한국군사과학기술학회지 제18권 (2015)
[37] 한승호, 효율적인 국방 M&S 인정업무 수행을 위한 평가시스템 발전방안 연구, 한국산학기술학회논문지 제 22권 (2021)
[38] 유영근 외 1명, A* 알고리즘의 최단 경로 탐색 정확도 향상을 위한 역방향 적용방법에 관한 연구, 한국ITS학회 논문지 vol. 12, (2013)
[39] 장병옥, 건물 내에서 화재 시의 대피 시뮬레이션 설계 및 구현, 한국시뮬레이

션학회 논문지 (2010)

[40] F. Mehta and P. Swadas, “A simulated annealing Approach to reporting cell planning problem of mobile location management,” International Journal of Recent Trends in Engineering, vol. 2. (2009)

[41] Thompson P. A. and Marchant E. W, “Testing and Application of the Computer Model ‘SIMULEX’”, Fire Safety Journal, Vol. 24 (1995)

[42] C. H. Thomas, L. E. Charles, R. L. Ronald and S. Clifford, “Introduction to Algorithm, Second Edition”, MIT Press and McGraw-Hill (2001)

[43] T. Tsunemine, E. Kadokawa, Y. Ueda, J.Fukumoto, T. Wada, K. Ohtsuki, and H. Okada, “Emergency Urgent Communications for Searching Evacuation Route in a Local Disaster,” IEEEConsumer Communications and Networking Conference (2008)

[44] C. Y. Chen, “A Fuzzy-Based Approach for Smart Building Evacuation Modeling,” Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (2009)

[45] S. Parija and P. K. Sahu, “A metaheuristic bat inspired technique for cellular network optimization,” In Proceeding of 2nd International Conference Man and Machine Interfacing, vol. 1 (2017)