ISSN 2509-2817 KiDRS Korea Institute of Design Research Society 통권 31호, 2024. Vol.9 No.2

해양 모빌리티 서비스 다양화를 위한 상업용 스마트 잠수정 디자인 연구

자율운항 및 인공지능(AI)을 기반으로 한 관광 잠수정

Design research on commercial smart submersible for diversification of marine mobility services

Autonomous and AI-based tourist submersible

주 저 자 : 윤수한 (Yun, Soo Han) 개인연구자
yunsoohan81@gmail.com

https://doi.org/10.46248/kidrs.2024.2.662

접수일 2024. 04. 15. / 심사완료일 2024. 04. 19. / 게재확정일 2024. 04. 21. / 게재일 2024. 06. 30.

Abstract

Coastal areas worldwide, including South Korea, are actively promoting the marine leisure industry as an economic growth driver. With the emergence of experiential consumption trends today, there is a growing demand for underwater leisure activities, highlighting the need for various underwater transportation devices to meet market demands. Based on the government's policy to develop the marine mobility industry, this study aims to conduct a case analysis of tourist and commercial submersibles and propose new designs accordingly. The proposed design is an 11-seater tourist submersible equipped with high-efficiency electric batteries and AI-based autonomous systems to enhance efficiency and safety, thereby maximizing the scalability of marine mobility services while protecting sustainable tourism and economic productivity. The next-gen submersible opens up new dimensions for underwater tourism, providing immersive experiences to travelers. Furthermore, it presents environmental management, such as ecotourism in coastal areas and marine protected areas, fostering future possibilities for expanding the marine leisure industry, promoting environmental conservation, and stimulating economic growth.

Keyword

Marine mobility(해양 모빌리티), Commercial submersible(상업용 잠수정), Autonomous driving technology(자율운항)

요약

우리나라를 비롯한 전 세계 연안 지역은 경제 성장동력으로서 해양 레저관광산업을 적극 육성 중이다. 오늘날 경험 지향의 새로운 소비 트렌드와 함께 수중 레저활동에 대한 수요가 증가하고 있어 시장의 요구를 충족시킬 수 있는 다양한 수중 운송기기의 필요성이 대두되었다. 정부의 해양 모빌리티 산업 육성 정책에 근거하여 본 연구에서는 관광, 상업용 잠수정에 대한 사례분석 및 이를 바탕으로 한 새로운 디자인 제안에 목적을 둔다. 고효율 전기 배터리와 AI 기반의 자율 항법 시스템을 탑재한 효율적이고 안전성을 높인 11인승의 관광용 잠수정으로서, 지속 가능한 관광 및 경제적 생산성을 보호하며 해양 모빌리티 서비스의 확장성을 극대화한 잠수정 디자인을 제안하였다. 차세대잠수정은 수중관광의 새로운 차원을 열어 여행자에게 몰입형 경험을 제공한다. 또한 해안지역의 생태 관광, 해양보호구역 등의 환경 관리 및 경제성장을 촉진 시켜 미래 해양 레저산업확장의 가능성을 제시한다.

목차

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 목적
1-1-1. 연안 지역의 성장과 해양레저산업의 발전
1-1-2. 관광 잠수정을 통한 해양레저산업의 전망
1-2. 연구의 내용 및 방법

2. 이론적 배경

2-1. 잠수정의 정의 및 분류
2-2. 잠수정의 작동 원리 및 기술 용어
2-3. 잠수정의 구조 및 설계
2-4. 잠수정의 전원 공급 및 주요 안전장치
2-5. 보안 문제 및 위급구조 시스템
2-6. 관광 잠수정(tourist submersible)
2-7. 사례분석(브랜드/제조업체)
2-7-1. SEAmagine Hydrospace Corporation
2-7-2. Triton Submarines, LLC, USA

2-7-3. U-boat Worx, Netherlands

3. 디자인 방향 설정 및 스타일 연구

3-1. 디자인 시각화

3-2. 기술 사양

3-3. 내, 외관 주요 디자인 특징

4. 결론

참고문헌

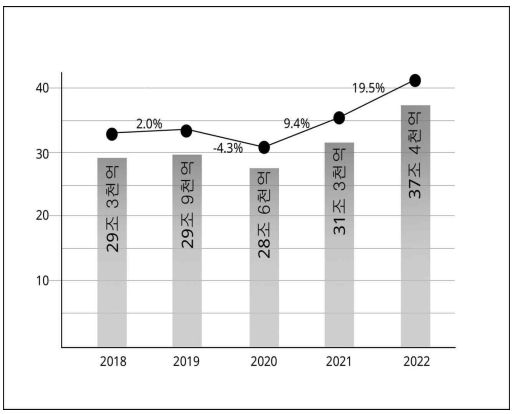
1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

1-1-1. 연안 지역의 성장과 해양레저산업의 발전

바다는 인간사회의 가장 기본적인 요구사항을 충족시키는 데 매우 중요한 역할을 한다. 전통적인 형태의 착취(예: 어업 및 양식업) 외에도 해안 지역사회에 지속 가능한 경제 발전의 중요한 원천을 제공한다. 특히 전 세계적으로 해안 관광은 경제의 발전 및 환경 인식 등 다양한 요인으로 인해 성장을 거듭하고 있다. 해안 지역에서 가치를 얻는 동시에 지속가능한 관광의 구현으로 장기적인 성장을 추구한다. 즉, 인간 활동이 해양의 건강을 보장하고 경제적 생산성을 보호하는 방식으로 관리하는 것이다. 우리나라는 연안 지역을 경제성장 동력으로써 해양 레저관광산업을 적극 육성 중이며, 복합 해양 레저관광 도시를 조성하기 위한 각 국가부처의 연구 역시 활발하게 이루어지고 있다.

[표 1] 국내 연도별 해양관광 시장 변화추이[1)]



1) KMI 해양수산개발원, 복합 해양레저 관광도시 개념 정립 및 추진 방안에 관한 연구 보고서, 2023, p3 재구성

미국, 유럽, 중국 등의 전 세계 주요국의 해양산업을 살펴보았을 때 해양 레저관광의 비중이 전체 1위를 차지하여 경제적 가치가 매우 높은 산업으로 평가되고 있다. 해양관광은 이들 국가의 경제에 중요한 역할을 하며 레크리에이션, 운송 및 해양 서비스 분야의 일자리와 비즈니스를 지원한다.

[표 2] 주요 선진국 해양 레저관광산업 경제적 가치 비중[2)]

단위: 원

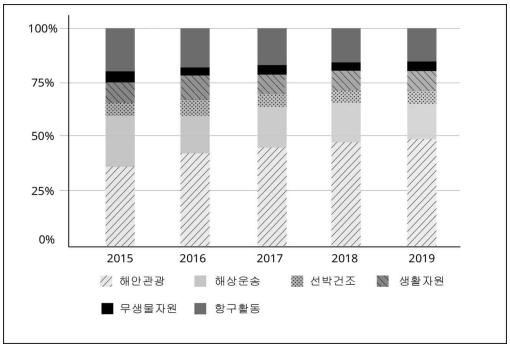
구분	미국 ('18)	중국 ('20)	포르투갈 ('18)	프랑스 ('18)	스페인 ('18)	이탈리아 ('18)
해양경제 규모 (GDP 비중)	459조 (1.7%)	1,457조 (7.9%)	8.3조 (3.3%)	31조 (1.0%)	47조 (3.0%)	34조 (1.5%)
1위 (비중)	해양관광 (41.4%) (190조)	해양관광 (17.4%) (254조)	해양관광 (77.0%) (6.4조)	해양관광 (50.9%) (16조)	해양관광 (72.3%) (34조)	해양관광 (45.0%) (15조)
2위 (비중)	해양광물 자원 (27.9%) (128조)	해양교통 운송업 (7.1%) (104조)	수산 (13.2%) (1.1조)	항만 (15.1%) (4.7조)	수산업 (11.0%) (5.2조)	해운 (20.4%) (6.8조)

전 세계 관광객의 약 40%를 차지하는 유럽의 경우 전체적으로 해안 관광은 2018년 유럽연합 블루 이코노미(EU blue economy)보고서를 살펴보았을 때 일자리의 64%, GVA(총부가가치, gross value added)의 45%, 수익의 41%를 차지하는 등 GVA 및 고용 측면 전체에서 가장 큰 부문이고, 2009년 대비 21%가 증가하는 등 시간이 지남에 따라 그 비중이 더욱 커지는 추세이다. 이와 같은 잠재력으로 유럽연합(EU)은 블루 이코노미(blue economy) 전략에 따라 스마트하고 지속 가능한 해안 및 해양관광을 위한 정책 및 지원산업을 촉진 시키고 있다.[3)]

2) KMI 해양수산개발원, 복합 해양레저 관광도시 개념 정립 및 추진 방안에 관한 연구 보고서, 2023, p2, 표1-1 재인용

3) The EU Blue Economy Report 2021, The European Union, 2021, p17~p20

[표 3] EU 해양산업의 항목별 총 부가가치비율의 변화[4)]



우리나라 또한 메가트렌드(디지털 경제전환, 탈탄소)와 기술 패권 경쟁 격화에 대응하기 위한 해양 레저산업과 차세대 해양 모빌리티 산업을 적극 육성하고 있다. 해양 모빌리티 산업의 핵심은 첫째, 친환경 해운 솔루션 제공, 둘째, 자율운항 선박 시장 선도, 셋째 첨단 해양 교통 플랫폼 구축, 넷째, 연관 산업 육성, 마지막으로 지원 체계 운영의 전략으로 추진된다. 기본적으로 디지털화된 물류 운송 서비스 및 기술 선점이 주요 내용이다. 이에 대응하여 본 연구는 지속 가능한 관광 및 경제적 생산성 확대, 그리고 해양 모빌리티 서비스 확장성을 목표로 차세대 상업용 잠수정 디자인 제안에 목적을 둔다.

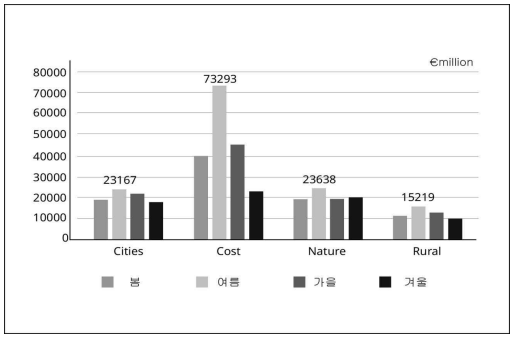
[표 4] 첨단 해양 모빌리티 육성 5대 전략[5)]

	첨단 해양 모빌리티 육성 5대 전략
전략 1	친환경 해운 솔루션 제공
전략 2	자율운항 선박 시장 선도
전략 3	첨단 해양 교통 플랫폼 구축
전략 4	연관 산업 육성
전략 5	지원 체계 운영

1-1-2. 관광 잠수정을 통한 해양레저산업의 전망

여행 선호도가 물질적 소유보다는 경험 쪽으로 바뀌고 있다. 많은 여행자가 독특하고 기억에 남는 몰입형 경험을 추구한다. 또한 기후 변화 및 환경 문제에 대한 인식의 증가로 생태 관광 및 지속 가능한 여행에 관한 관심이 높아지고 있으며, 보존 노력과 책임감 있는 관광을 중요시하게 여긴다. 해안 여행지는 스노클링, 스쿠버 다이빙부터 생태계 탐험에 이르기까지 다양한 활동을 제공하는 매력적인 장소이고, 특히 수중에서의 특별한 경험을 위한 레저활동의 수요가 증가하고 있다.[6)] 전통적인 수중 레저활동의 대부분은 개인의 신체적 능력 및 장비에 크게 의존하고 있으며, 날씨와 계절의 영향으로 산업 성장의 한계에 부딪히고 있다. 이에 따라 계절의 영향을 받지 않고, 수중에서의 경험을 제공하는 수중 모빌리티의 개발은 해양레저산업의 다변화를 위한 큰 잠재력을 가지고 있다.

[표 5] EU-2018년 유형 및 계절별 관광 총 연간지출[7)]



단순한 이동의 목적이 아닌 거주와 경험을 제공하는 차세대 관광 잠수정은 편안하고 안전한 환경에서 수중 세계를 탐험할 기회를 제공한다. 전 연령층의 대중을 위한 뛰어난 접근성을 가지고 있으며, 해양생태계 보존 노력 등 교육 기회를 제공해 해양환경에 대한 이해도를 높일 수 있게 할 것이다.

1-2. 연구의 내용 및 방법

본 연구를 통해 해양 모빌리티(marine mobility) 서비스 다양화를 위한 차세대 관광, 상업용 잠수정의 디자인을 제안한다. 연구의 방법으로는 첫째, 몰입형 경험의 해저 관광에 대한 수요 증가, 정부의 해양 모빌리티 산업 육성 정책에 근거하여 수중 운송기기 디자인 연구의 필요성을 확인하였고 둘째, 잠수정에 대한 이론적 배경을 통하여 설계 원칙, 재료, 추진 시스템 및 안전 기능을 조사하였다. 셋째, 글로벌 사례검토를 통해

4) KMI 해양수산개발원, 복합 해양레저 관광도시 개념 정립 및 추진 방안에 관한 연구 보고서, 2023, p3

5) 해양수산부, 첨단 해양 모빌리티 육성 전략 발표 보도자료, 2023, p4, 붙임2 재구성

6) Forbes-Blake Morgan[웹사이트]. (2024년 2월. 11일. 10pm). URL: https://www.forbes.com/sites/blakemorgan

7) The EU Blue Economy Report 2021, The European Union, 2021, p74 재구성

관광용 잠수정에 필요한 기능 및 특성을 살펴보았다. 넷째, 선행연구를 바탕으로 디자인 컨셉을 도출하고, 아이디어 스케치와 디지털 프로그램을 통한 컨셉 모델의 시각화 및 최종디자인을 제안하였다. 마지막으로 결론과 기대효과로 본 디자인 연구를 마무리하였다.

[표 6]. 연구의 내용 및 방법

서론	디자인 연구의 필요성
본론	잠수정 특성 파악
	사례분석
	디자인 컨셉 도출 및 제안
결론	결론 및 기대효과

2. 이론적 배경

2-1. 잠수정의 정의 및 분류

잠수정이란 수중에서 작동하도록 설계된 소형 차량으로 다양한 목적으로 개발된 일종의 잠수함이다. 잠수함은 자체 동력을 재생하고 완전 자율적 이동이 가능한 선박이며, 잠수정은 일반적으로 수상 선박, 플랫폼 등의 지원을 받는 경우가 대부분이다. 일반적으로 잠수정은 유인 또는 무인으로 나누어진다. 잠수정은 대표적으로 사람이 탑승하는 차량(human-occupied vehicle, HOV), 원격 조종 차량(remotely operated vehicle, ROV), 자율 수중 차량(autonomous underwater vehicle, AUV)의 세 가지 주요 유형으로 분류된다. HOV는 과학자, 엔지니어, 각종 전자 장치 및 특수 장비를 운반하여 복잡한 심해 환경에 빠르고 정확하게 도착할 수 있는 잠수정이다. 이 차량은 효율적인 탐사 및 기타 심해 작전을 수행한다.[8] ROV는 원격 조종 차량으로 케이블을 사용하여 선박에 연결된 수중 로봇이다. 케이블로 운전자와 ROV 간에 명령 및 제어 신호를 전송하여 차량의 원격 탐색이 가능하다. ROV에는 비디오카메라, 조명, 소나 시스템 및 관절형 암이 포함될 수 있다. 자율 수중 차량(AUV)은 일반적으로 무인 수중 차량을 의미한다. AUV는 상업용 및 레크리에이션 선박의 항해에 위험이 될 수 있는 수중 난파선, 암석 및 장애물을 탐지하는 수중 조사 임무에 사용할 수 있다. AUV는 운영자의 개입 없이 자율적으로 조사 임무를 수행한다. 임무가 완료된 AUV는 사전 프로그래밍이 된 위치로 돌아가 데이터를 다운로드하고 처리할 수 있는 기능을 가진다.[9]

[표 7] 잠수정의 분류[10]

	구분	종류
Submersibles	Manned	HOV
		ADS
		DSRV
		Rescue Bell
	Unmanned	AUV
		ROV
		ARV
		Glider
		DTS
		Lander
		Float

2-2. 잠수정의 작동 원리 및 기술 용어

잠수정은 기본적으로 밸러스트탱크(ballast tank)를 이용해 바다 표면에서 잠수(diving)와 부상(surfacing)을 한다. 밸러스트탱크는 주로 잠수정의 외부 패널과 내부 덮개 사이의 빈 공간에 위치한다. 잠수정이 수면에 있을 때 밸러스트탱크는 공기로 채워져 밀도가 주변 물보다 낮아진다. 물에 잠기려면 밸러스트탱크에 물을 채워 선박의 전체 밀도를 높인다.

[표 8] 잠수정의 작동 원리[11]

Ballast Tanks	잠수함의 외부 덮개와 내부 덮개 사이의 공간

작동 구분	작동 순서	잠수함 상태
Diving	1	탱크에 물을 채우는 밸브 오픈
	2	잠수함의 무게를 증가
	3	평균 밀도가 증가
	4	잠수함이 아래쪽으로 이동
Surfacing	1	고압축 공기 실린더
	2	물을 펌핑
	3	밸러스트탱크에 공기주입
	4	평균 밀도 감소

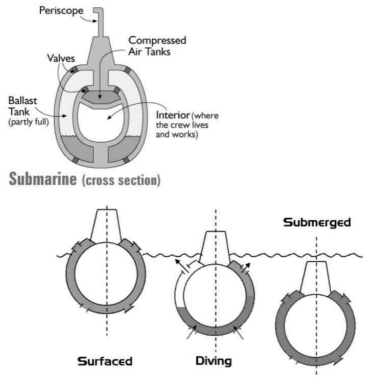
8) Weicheng Cui, Journal of Marine Science and Application 저널, 2019 수정본, p.459~461

9) NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration[웹사이트]. (2024년 1월 17일. 10pm).URL:https://oceanservice.noaa.gov/facts/auv-rov.html

10) Weicheng Cui, Journal of Marine Science and Application 저널, 2019 수정본, p.459~461 재구성

11) Mechstuff.com[웹사이트]. (2023년 9월. 3일. 12pm).URL:https://mechstuff.com/how-does-a-submarine-work 재구성

	5	잠수함 상승



[그림 1] 잠수정의 작동 원리12)

상업용 민간 잠수정 제작 과정을 이해하기 위해 일반 잠수함의 주요 기술 용어 및 기술 시스템, 작동 방식을 다음과 같이 조사 정리하였다.

[표 9] 기술 용어 및 시스템13)

잠수 및 부상 (Diving Surfacing)	다이빙: 잠수함이 아래로 이동 부상: 잠수함이 수면 위로 이동
부력 (Buoyant Force)	물에 잠긴 물체 위쪽으로 가해지는 힘
중성부력 (Neutral Buoyancy)	잠수함과 해수의 밀도가 같은 상태
음부력 (Negative Buoyancy)	잠수함의 밀도가 주변 물보다 큰 상태
양성부력 (Positive Buoyancy)	잠수함의 밀도가 주변 물보다 작은 상태
2차 추진 모터 (Secondary Propulsion Motor)	360도 회전이 가능한 2차 엔진, 잠수함의 상하좌우 움직임을 제어
스크러버 (Scrubbers)	소다석회를 사용하여 챔버에서 이산화탄소를 제거
전기분해 (Electrolysis)	물에서 산소를 생성하는 필수장치
증류장치 (Distillation Apparatus)	바닷물을 모아 담수를 생산하는 장치
제습기 (Dehumidifier)	실내의 습기를 제거하고 건조한 상태를 유지
온도 조절기 (Thermostat)	실내공기를 따뜻하게 유지
GPS/ IGS	GPS: 잠수함이 수면에 있을 때 사용되는 항법 장비
	IGS: 수중에서 사용하는 항법 장비(관성 유도 시스템)

2-3. 잠수정의 구조 및 설계

잠수정 외부 디자인 설계 시 쓰이는 용어 중 크게 압력선체, 뷰포트 정도가 되겠다. 압력선체(Pressure Hull)란 대기압(大氣壓,atmospheric pressure)에서 승무원을 수용하고 수압을 견디는 잠수정의 본체이고, 뷰포트는 압력을 단단하고 평평하게 맞추기 위한 압력선체 또는 압축 챔버의 개구부를 의미한다. 일반적으로 승객들이 밖을 볼 수 있도록 구형(球形) 유리창 또는 아크릴 창을 말한다.

[표 10] 잠수정의 주요 설계 용어14)

압력선체 (Pressure Hull)	대기압에서 승무원을 수용하고 수압을 견디는 잠수정의 주요 구성품
외부 구조	외부 클래딩, 지지 구조 및 압력 외부 고정 장치, 잠수압력을 견디도록 설계되지 않은 선체.
뷰포트	압력을 단단하고 평평하게 맞추기 위한 압력선체, 압축 챔버의 개구부
제어 스테이션	모든 필수 표시기, 제어, 조정 장치, 모니터링 장치, 잠수정의 통신 시스템
전체 시스템	결합, 취급, 회수, 작업, 공급 및 보조 장비
최대 다이빙 수심	잠수정이 안전하게 작동할 수 있는 깊이를 잠수정의 용골에서 수면까지 측정

잠수정설계 도면에는 설계 및 하중을 확인하는 데 필요한 모든 자료가 포함되어야 하며 장비가 필요한 경우 시스템 구성 요소 및 설명과 관련된 계산을 제출하게 되어 있다. 잠수정의 작동 모드에 대한 세부 설명, 제안된 응용 프로그램 및 필수 설계 데이터가 있어야 한다. 세부 설명 및 데이터 표기에는 최대 잠수 수심, 최대 작동 시간 및 최대 생존 시간, 압력선체의 최대 탑승 인원, 다이버의 압축실, 다이빙 절차, 발사 및 회수(항로)에 대한 운용한계, 기타 운영 제한, 속도, 동 및 조종장치의 종류, 차량 중량, 유효 하중 및 밸러스트, 변위(잠수)가 있다.15)

12) Mechstuff.com[웹사이트]. (2023년 9월. 3일. 12pm).URL:https://mechstuff.com/how-does-a-submarine-work

13) DDE[웹사이트]. (2023년 10월. 11일. 12pm). URL: https://defencedirecteducation.com/2019/02/13/submarine-works-facts 재구성

14) KR, RULES AND GUIDANCE FOR CLASSIFICATION OF UNDERWATER VEHICLES, 2020, p3~p4 재구성

15) KR, RULES AND GUIDANCE FOR CLASSIFICATION OF UNDERWATER VEHICLES, 2020, p3~p4 재구성

2-4. 잠수정의 전원 공급 및 주요 안전장치

잠수함의 크기와 유형에 따라 다르지만, 일반적으로 전통적인 전원 공급원은 대용량 배터리 뱅크, 디젤 발전, 원자로 등 3가지이며 보통 2개 이상의 디젤 발전기가 사용된다. 하나의 디젤 발전기는 프로펠러에 전용 전원 공급 장치를 제공하고, 다른 하나는 대용량 배터리 뱅크를 지속해서 재충전한다. 최근에는 리튬 배터리가 사용되며 다양한 장치와 장비를 포함한 나머지 잠수함에 전원을 공급하는 데 사용된다. 잠수함의 제어 시스템에는 터빈, 밸러스트탱크의 제어 시스템이 필요하다. 또한 전원 공급 외에도 내비게이션 시스템을 제어하는 GPS(global positioning system) 및 IGS(inertial guidance systems) 설치가 필수이다.

생명유지장치의 주요 초점 영역은 공기 질, 담수 공급 및 온도를 유지하는 것이다. 산소와 이산화탄소의 제어를 위해 Scrubber(이산화탄소용)와 전기분해(산소용)를 사용한다. 산소의 경우 몇 시간 동안 지탱할 수 있는 산소 실린더를 휴대할 수도 있다. 공기의 질을 말할 때 습도도 포함됨에 따라 여분의 습기를 제거하려면 제습기가 필요하다. 담수 공급의 경우, 잠수정에 장착된 증류장치를 이용하여 해수로부터 연속적으로 담수를 생성할 수 있다. 온도 유지장치는 주로 2차 발전기 또는 배터리를 이용하여 열을 발생시킨다. 생명 유지 시스템은 안전한 수중 여행을 위한 필수장치이다.

2-5. 보안 문제 및 위급구조 시스템

잠수 중 하나 이상의 생명 유지 시스템 고장, 사고, 설계된 기준보다 더 높은 수압, 그리고 전력 시스템 고장 등의 문제가 발생 시 생존에 위협을 받게 된다. 따라서 잠수함은 실제 수중으로 이동하기 전에 엄격한 기준의 완전한 테스트(지구력 및 생존에 대한 여러 테스트)를 거쳐야 한다. 또한 필요한 백업 계획(예: 추가 산소통, 방화 및 소화설비, 다이빙 키트, 구급상자, 통신 및 내비게이션 시스템 등)이 있어야 한다. 'Rules and guidance for classification of underwater vehicles 2020'에 명시된 잠수정 가이드라인을 살펴보면 이러한 장비에는 정상 및 비상 작동을 위한 모니터링 장비가 모두 갖추어져야 하고 그 외에도 물, 식량, 의약품 공급 및 폐기물 배출 시설이 갖추어져야 한다. 가연성 물질에 대한 구체적인 정보와, 소화설비 장착 등 화재 발생에 대비한 주요 안전 시스템은 필수항목이다. 문제가 발생 시 생존하는 방법에는 자생과 구조팀의 두 가지 주요 방법이 있다. 통신이 켜져 있으면 구조팀을 수면 활동에 투입할 수 있다. 일반적으로 구조 작업은 심해 잠수 구조 차량(DSRV)과 구조 작업을 위해 설계된 소형 잠수함인 다이빙 벨(diving bell)을 통해 수행된다. 최근 많은 잠수정은 위급상황이 발생 시 작동하는 자동 부상 기능을 탑재하고 있다.[16)]

2-6. 관광 잠수정(tourist submersible)

관광 잠수정은 정부나 공공 기관, 민간, 개인 또는 사업체의 재산으로 소유하는 운송기기이다. 그들은 일반적으로 레크리에이션 수중경험, 탐사 또는 때때로 과학 연구에 사용되며 주로 호화 요트의 파트너 선박으로 건조된다. 일반적으로 제한된 수심 능력을 보유하며 수용 인원은 5~25명 이상 등 다양하다. 많은 회사가 다양한 시설에서 제공하는 엔터테인먼트 일부로 잠수함을 제작하고 운영하고 있다. 수중경험은 일반 대중에게 수중 야생 동물과 풍경을 경험할 기회를 제공한다. 특히 상업용 잠수정은 주로 관광 명소의 수중 생물을 관찰하기 위해 만들어지며 일반적으로 해저 최대 6,000m 이내로 잠항 시간 한계도 8시간에서 24시간까지 비교적 군사용에 비해 짧다. 국내 사례를 보면 제주에서 최초의 해저 관광용 잠수정으로 1988년에 건조된 마리아호가 있다. 주로 제주 서귀포 연안 일대의 산호군락 및 열대어 등 제주 해저 자연생태계를 관찰 탐구할 수 있는 해저 관광용 잠수정이다. 그 외에도 2개의 업체가 서로 다른 관광 컨셉을 가지고 해저 관광 잠수정 및 해상사업을 운영하는 중이다.

2-7. 사례분석(브랜드/제조업체)

잠수정을 통한 수중관광은 더욱더 혁신적이고 여행자에게 새로운 경험과 명소를 개발할 기회를 제공하는 등 잠재적으로 수중 탐험의 미래가 되고 있다. 배터리를 이용한 수중 추진 장치, 티타늄 및 탄소 섬유와 같은 신소재 개발, 에너지 저장 개선, 이미지 및 데이터 캡처를 위한 수중내비게이션 시스템 및 광학 카메라 개발의 결과로 많은 제조업체가 관광상품 출시와 같은 마케팅 활동에 중점을 두고 관광용 잠수정 시장에 진출했다. 그 중 대표적인 민간 잠수정 제조사인 SEAmagine, 미국의 Triton Submarines, 그리고 네덜란드 U-Boat Worx. 등을 통해 각 제품의 특성을 분석하였다.

---

16) DDE[웹사이트]. (2023년 10월. 11일. 12pm). URL: https://defencedirecteducation.com/2019/02/13/submarine-works-facts

2-7-1. SEAmagine Hydrospace Corporation,USA

1995년에 설립된 SEAmagine은 호화 요트, 과학 및 전문 해저탐사, 국방 부문에 사용되는 2~7인용 개인 잠수정을 설계 및 제조하는 기업으로 가장 인기 있는 브랜드 중 하나이다. 모든 SEAmagine 개인용 잠수정은 100미터에서 2,300미터 범위의 깊이를 항해할 수 있도록 제작되었으며 미국 해운국(ABS)에 의해 공식적으로 분류되어 있다. 이 회사는 수중 이동체 기술에 중점을 둔 다수의 특허를 보유하고 있으며 유연한 부력 및 부양 시스템, 클램쉘(clamshell) 캐빈 디자인, 높은 표면 건현 디자인 등이 특징이며 최초의 3인용 구형 아크릴 선체를 개발했다. 대표 제품으로 2인승의 Ocean Pearl, 3인승의 Aurora 3C 등이 있고, 9명까지 탑승할 수 있는 Aurora 100시리즈가 있다.

[표 11] SEAmagine, Aurora 100[17)]

모델명	SEAmagine, Aurora 100
주요 특징	컴팩트/넓은 가시성/편리한 탑승플랫폼
일반사양	탑승 인원: 3~9인승
	잠수깊이: 100~2,300m
크기	길이: 100m 폭 3.43m 높이 2.55m
	무게 11,000kg~ 13,700kg
성능	속도: 3노트
	추진기: 메인 4 x 7kW, 수직 2 x 7kW
동력	리튬이온배터리 + 비상 배터리
	배터리 용량: 30KWH 또는 45KWH
	운행 시간: 14시간(생명 유지 시간+96시간)
생명 유지 시스템	산소 및 CO2 스크러버

2-7-2. Triton Submarines, LLC, USA

2008년에 설립된 Triton은 고급 심해 잠수정을 만드는 U.S. Submarine Group의 회사이다. 특히 심해 탐사 및 과학 연구를 위한 유인 잠수정의 설계, 제조 및 운영을 전문으로 하는 회사로서 첨단 기술, 안전 기능으로 깊은 곳까지 잠수할 수 있고, 극한의 해양 조건을 견딜 수 있게 설계되었다. 그 결과 Triton 잠수정은 전 세계의 수많은 연구 및 과학적 발견 임무에 사용되었으며 지중해에서 Britannic(타이타닉호의 자매선) 촬영, 남극 대륙 최초의 유인 잠수 다이빙, 일본 연안에서 캡처한 최초의 거대 오징어 라이브 영상 등이 있고, 세계에서 가장 깊은 마리아나 해구(수심 1만 33m)를 정복한 기록도 보유 중이다. 대표적 상업용 모델인 Triton DeepView 시리즈 잠수정은 상업 운영자의 요구를 염두에 두고 비용 효율적이고 쉬운 유지관리를 목적으로 설계되었다.

[표 12] Triton, DeepView[18)]

모델명	Triton, DeepView
주요 특징	모듈화 방식/효율적 유지관리/ 넓은 가시성
일반사양	탑승 인원: 24인승(파일럿 2명)
	잠수깊이: 328ft/ 100m
크기	길이: 15.4m 폭 3.6m 높이 3.6m
	무게 55,000kg
성능	속도: 3노트
	추진기: 메인 2x20kW, 수직 4x12.6kW
동력	리튬이온배터리 + 비상 배터리
	배터리 용량: 240KWH
	운행 시간: 14시간(생명 유지 시간+96시간)
생명 유지 시스템	산소 및 CO2 스크러버

2-7-3. U-boat Worx, Netherlands

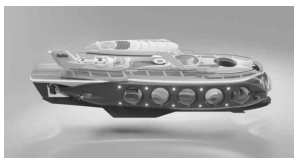
2005년 설립된 U-Boat Worx는 가장 큰 개인 잠수정 건조업체 중 하나로서 세계 최초의 1인승 또는 2

17) SEAmagine[웹사이트]. (2023년 11월. 5일. 11pm). URL: https://www.seamagine.com/personal-submarine-3-person.html 재구성

18) Triton-Luxury Submersibles, © Triton Submarines LLC, 제품 브로슈어, 2023, 재구성

인승 양산형 개인 잠수정을 건조한 업체이다. DNV(노르웨이 국제 공인 등록기관), IMO(국제해사기구), ASME(미국 기계공학회) 등 엄격한 글로벌 규정에 따라 설계되었고, 세련된 디자인과 맞춤형 기능을 제공한다. 대표 제품으로 소형잠수정인 Nemo시리즈가 있다. 100미터(330피트)까지 잠수할 수 있는 1인승 또는 2인승 Nemo시리즈는 이동성의 혁신을 위하여 더 가볍고 효율적으로 설계되었다. 7명에서 10까지 탑승이 가능한 Nautilus 잠수정은 수중과 수중에서 요트와 잠수함의 역할을 모두 수행하며, 선내 시설로는 바, 수영장, 라운지, 다이닝룸, 침실 등으로 이루어져 있고, 사용자 정의에 따라 다양한 구성으로 사용할 수 있다.

[표 13] U-boat Worx, Nautilus[19)]

	
모델명	U-boat Worx, Nautilus
주요 특징	요트/잠수정 겸용/다양한 레이아웃
일반사양	탑승 인원: 10인승(승무원 7명)
	잠수깊이: 500ft/ 150m
크기	길이: 42m 폭 10.4m 높이 8.5m
	무게 1,610,000kg
성능	속도: 9노트(수상), 4노트(잠수)
	추진기:메인 2x400kW, 4x6kW, 2x6kW
동력	디젤 + 배터리
	배터리 용량: 1,200 KWH
	운행 시간: 8시간
생명 유지 시스템	산소 및 CO2 스크러버

3. 디자인 방향 설정 및 스타일 연구

앞선 사례연구를 바탕으로 관광 잠수정의 기본적인 기술적 부분들을 고려하여 디자인 요구사항들을 정리하였다. 첫째, 차세대 해양 모빌리티로서의 관광용 잠수정은 수상과 수중에서 편리함은 물론 안전함을 우선으로 하여 해저 관광 및 탐구를 할 수 있게 한다. 다목적 공간 활용으로 다양한 관람 및 레크레이션 활동이 가능하게 하는 사용자 정의의 공간 레이아웃을 가진다. 둘째, 잠수정의 상단 데크의 직관적인 탑승플랫폼 디자인을 통해 사용자들의 이동성 편리함을 제공한다. 동시에 입구 해치에서부터 선체 내부로 진입 시 안전한 솔루션을 구축한다. 또한 AI 기반의 자율운항 기술을 이용해 운행의 안정성과 편의성을 극대화한다. 셋째, 최첨단 대형 아크릴 뷰포트와 선체 측면의 아크릴 창을 이용하여 충분한 시야각 확보를 고려한 디자인은 사용자에게 수중탐사 및 자연경관의 경이로움을 한껏 체험시킬 수 있는 확장된 몰입형 경험을 제공하게 한다. 넷째, 수중에 최적화된 내비게이션과 첨단 조향장치를 장착한 AI 기반의 자율주행기술을 이용하여 수중 암석, 장애물 충돌 감지 및 자동회피 기능으로 자연 동식물 안전을 보장한다. 위급상황 시의 자동 부상 기술, 그리고 비상 배터리를 사용한 생명유지시스템 등 기본적인 안전장치를 탑재한다. 또한 드론을 활용한 잠수정 위치 추적 기술을 도입하여 유사시 즉각적인 구조활동을 가능하게 한다. 다섯째, 초경량 리튬 이온 배터리(lithium-ion)와 전기추진기로 작동되는 순수 전기동력 잠수정으로 해양환경의 훼손을 최소화한다.

[표 14] 디자인 요구사항

디자인 요구사항				
다목적성	편의성	가시성	안정성	자연 친화성

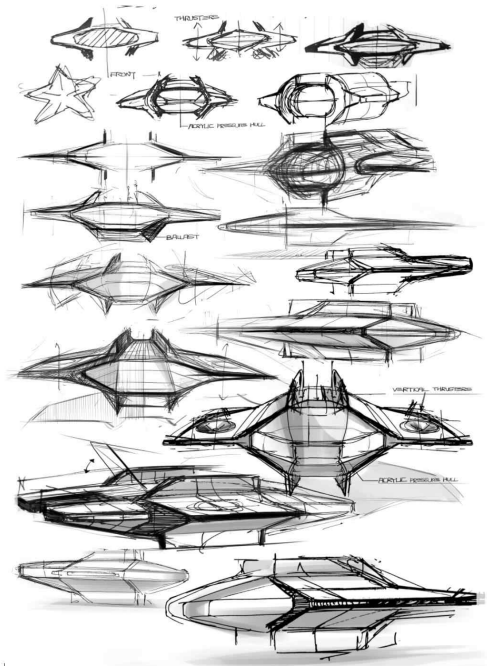
디자인 요구사항 및 연구한 내용을 바탕으로, 슈퍼요트 및 기타 수중 장비 착용 없이 편안한 수중 레저 활동을 가능하게 하는 관광, 상업용 잠수정 디자인을 제안한다. 차세대 고효율 전기 배터리와 인공지능(AI,artificial Intelligence)기반의 자율 항법 시스템을 탑재한 효율적이고 안전성을 높인 11인승의 관광용 잠수정으로서, 지속가능한 관광 및 경제적 생산성을 보호하며 해양 모빌리티(mobility) 서비스의 다양성을 극대화할 수 있다.

3-1. 디자인 시각화

첫 번째 아이디어 단계에서는 설정된 크기의 패키지 안에서 디자인 테마를 위한 스케치작업을 수행하였다. 잠재적인 아이디어를 시각화하여 전체적인 형태와 비례를 통한 조형적인 개념을 구체화하였다. 역동적인 라인

19) Uboat Worx-General Brochure February 2023-submarine, 제품 브로슈어, 2023, 재구성

과 표면 처리를 통한 현대적인 디자인의 선체는 유체 역학을 고려하여 설계되어 수중에서의 기동성을 높이고, 효율적인 공간 분리로 실내 거주성을 향상했다.

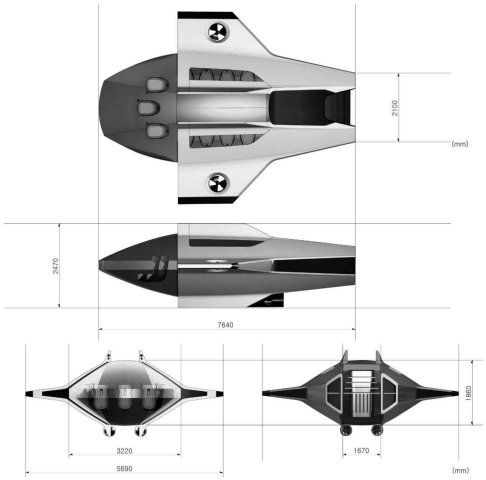


[그림 2] 아이디어 스케치

3-2. 기술 사양

[표 15] 기술 사양 (technical specification)

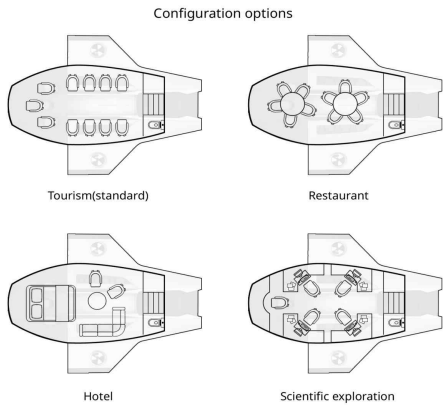
모델명	FinNav Explorer 7.7
주요 특징	11인승 관광 잠수정/ 사용자 정의 레이아웃
일반사양	탑승 인원: 최대 11인
	잠수깊이: 500ft/ 150m
크기	길이: 7.7m 폭 5.7m 높이 2.5m
	무게 20,000kg
성능	속도: 9노트(수상), 4노트(잠수)
	추진기: 메인 2x20kW, 수직 2x10kW
동력	리튬이온배터리+ 비상 배터리
	배터리 용량: 240KWH
	운행 시간: 20시간
생명 유지 시스템	산소 및 CO2 스크러버



[그림 3] 기술 사양 (technical specification)

3-3. 내, 외관 주요 디자인 특징

실내 공간은 11인승을 기본으로 자유롭게 변환할 수 있는 사용자 정의 레이아웃을 고려하여 설계되었다. 운영업체가 지역별, 이벤트의 특성에 적합하도록 일반 관광, 수중호텔 및 레스토랑, 해저 생태계 연구용으로 변환이 가능하게 한 다목적성에 중점을 두었다.

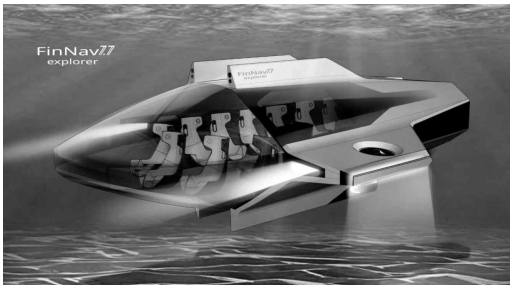


[그림 4] 인테리어 레이아웃

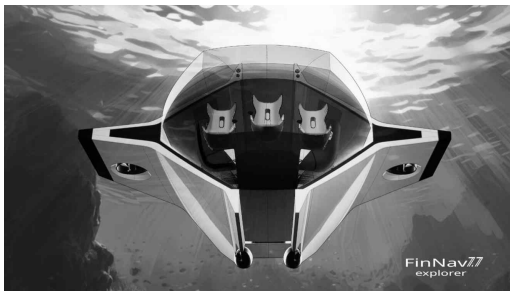
선체 내의 다양한 레이아웃을 통하여 수중세계에 대

한 특별한 몰입형 경험을 제공한다. 기계실, 화장실 등의 공통된 부분을 제외한 대부분 영역은 잠수정 운영자의 요구사항에 맞게 브랜딩(branding)할 수 있는 공간을 제공한다. 예를 들어 호텔 및 레스토랑을 위한 전용 가구 배치 및 프라이빗 다이닝 서비스 등을 고려할 수 있다. 다중 경험 플랫폼은 수중 운송기기의 단순한 이동성을 넘어 사용자의 참여를 활용할 기회를 창출하여 스마트 모빌리티의 한 형태로 활용할 수 있다.

외관은 향후 스마트시티, 항구와 연계되어 첨단 해양도시를 대표할 수 있는 잠수정으로서 미래지향적이고 도시와 어울리는 역동성을 주요 디자인 방향으로 설정하였다. 자유롭게 유영하는 해양 생물체의 형태를 현대적인 조형으로 해석한 유기적인 미학을 가진 외관 디자인의 주요 특징으로는 첫째, 아크릴 대형 뷰포트로 개방감을 극대화한 내부 선체와 그것을 둘러싼 외부 선체가 디자인적으로 조화롭게 통합된 구조를 가지고 둘째, 수중에서의 유체역학을 고려하여 디자인된 날렵한 유선형의 사이드 프로파일(side profile) 및 안정적인 비례와 셋째, 유지관리 및 편리한 탑승플랫폼을 제공하는 기능적인 후면디자인이 특징이다. 전면부에서는 대형 아크릴 뷰포트를 통해 360°에 가까운 시야각을 확보하였으며, 측면부까지 아크릴 창이 연결되어 모든 탑승자가 간섭이 없는 풍경을 즐길 수 있다. 양쪽의 차체가 다이아몬드 형상의 내부 선체를 감싸는 구조로서 시각적인 안정감을 추구하였다. 양쪽 날개 부분에 수직 추진기(vertical thrusters)와 자율주행 및 충돌 방지를 위한 각종 센서 등이 장착되었다.



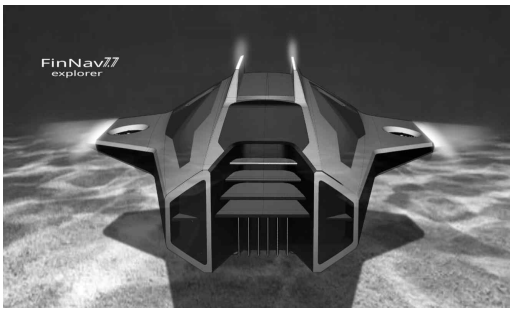
[그림 5] 디지털 렌더링 1 (전 측면)



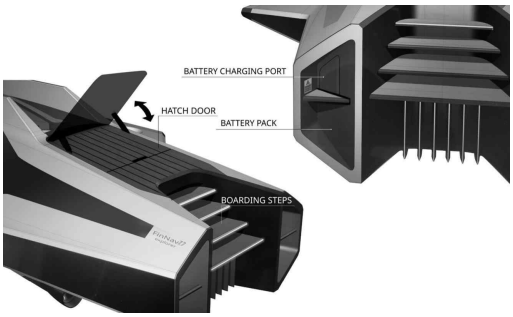
[그림 6] 디지털 렌더링 2 (전면 하부)

[그림 7] 디지털 렌더링 4 (전면 하부)

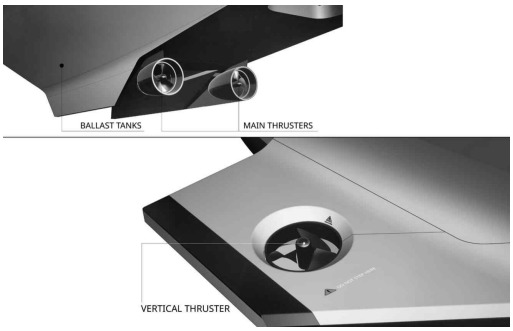
[그림 8] 디지털 렌더링 5 (후 측면)



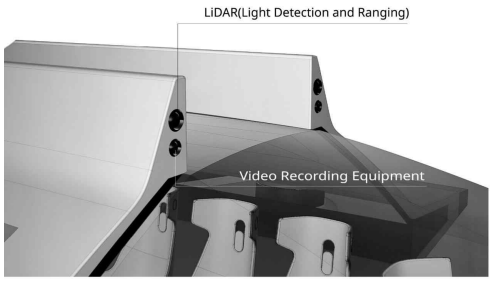
[그림 9] 디지털 렌더링 6 (후면)



[그림 10] 상세 이미지 1 (탑승구 및 충전장치)



[그림 11] 상세 이미지 2 (메인 / 수직 추진기)



[그림 12] 상세 이미지 3 (Lidar 및 비디오 레코딩)

4. 결론

디지털화와 기술혁신이 등장하고 수중부터 항공 장비까지 거의 모든 운영 측면에서 해양 부문이 변화하고 있다. 바다에 대한 인류의 지속적인 관심과 수중세계를 탐험하고 개척하려는 열망을 반영하여 디자인된 차세대 관광 잠수정은 새로운 탐험의 시대에 맞춰 대중에게 다양하고 독특한 맞춤형 경험을 제공할 것이다. 잠수정을 활용한 해양 모빌리티 서비스는 해안 도시에서 지정된 지점까지 승객을 수송할 뿐만 아니라 크루즈와 수중탐사를 결합한 통합된 관광상품으로 경쟁력을 가져 운영자에게 수익성을 보장하고, 나아가 해양도시 마케팅에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 이는 도시 인프라 개선, 지역투자 증가 등 간접적인 수익으로 이어질 수 있고, 이를 통해 해안 지역사회의 보존 노력과 지속가능한 발전을 지원할 수 있다. 또한 해양 생태계관찰 및 데이터수집 등을 위한 해양 연구와 환경에 대한 인식을 높이는 교육의 기회를 제공할 수 있다.

잠수정 운영으로 인해 발생하는 환경에 대한 영향을 최소화하기 위해 제작업체와 운영자가 환경표준을 준수하고 지속적인 모니터링을 통한 규제와 연구가 시행되어야 할 것이다. 친환경 잠수정을 위한 연구개발과 투자를 통해 잠수함에서 발생하는 소음 및 배터리의 열 등 잠재적으로 해양환경에 부정적인 영향을 미치는 부분에 대한 기술개발이 필요하다. 사업의 수익성과 관광객, 그리고 환경에 대한 공동의 이익을 실현하는 지속가능한 관광은 미래의 첨단 해양도시로 나아가기 위한 핵심 요소이다.

참고문헌

1. Anna M. Addamo외 9명, The EU Blue Economy Report 2021, The European Union, 2021
2. 해양수산부, 해양 레저관광 활성화 대책, 해양수산부, 2019
3. 최일선외 3명, 해양수산개발원, 복합 해양레저 관광도시 개념 정립 및 추진 방안에 관한 연구 보고서, 2023,

4. 해양수산부, 첨단 해양 모빌리티 육성 전략 발표 보도자료, 2023
5. Triton, Triton-Luxury Submersibles, © Triton Submarines LLC, 2023
6. Uboat, Worx-General Brochure February 2023-submarine, Uboat Worx, 2023
7. Weicheng Cui, Journal of Marine Science and Application, Journal of Marine Science and Application, 2019
8. www.defencedirecteducation.com
9. www.forbes.com
10. www.gca.org
11. www.mechstuff.com
12. www.oceanservice.noaa.gov
13. www.seamagine.com
14. www.watersportswhiz.com