

# 수중 광(光)무선통신 기술 적용 ROV형 수중드론 디자인 연구

## Research on the Design of ROV Type Underwater Drone with Application of Subsea Wireless Communication Technology

주 저 자 : 김용건 (Kim, yong geon)      국립부경대학교 marin융합디자인공학과 박사과정

공 동 저 자 : 강진일 (Kang Jin il)      (주)볼시스 대표

교 신 저 자 : 조정형 (Cho, Jong Hyung)      국립부경대학교 공업디자인전공 교수  
jhcho7@pknu.ca.kr

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2024.1.220>

접수일 2024. 02. 25. / 심사완료일 2024. 03. 03. / 게재확정일 2024. 03. 13. / 게재일 2024. 03. 30.

## Abstract

This study aims to conduct a design research on underwater drones differentiated from existing ROV-type underwater drones by applying underwater optical wireless communication technology without cables. Since 2018, there has been a positive change in the increasing interest in general marine leisure products in South Korea. Based on theoretical considerations and case analyses, this study identified problems, conducted FGI (Focus Group Interviews), and derived design research directions reflecting technological, functional, and formal elements. Subsequently, design improvements were made in two stages, inspired by marine creatures such as stingrays. Based on this, a survey was conducted to validate the design's aesthetics, usability, stability, and effectiveness. Through this research, it was confirmed that prioritizing functional elements in design had certain limitations, indicating the need for future improvements. It is expected that this study will serve as practical data for enhancing the functional aspects and creative utilization of underwater drones applying optical communication technology in the future.

## Keyword

Underwater communication (수중통신 기술), Underwater Drone(수중드론)

## 요약

본 연구는 기존의 ROV형 수중드론과 차별화된 케이블 없는 수중 광 무선 통신기술을 적용한 수중드론 디자인연구를 목표로 하고 있다. 국내에서는 2018년 이후 일반 해양레저 제품으로 관심이 증가하면서 긍정적 변화가 일어남을 알 수 있었다. 본 연구는 이론적 고찰과 사례분석을 토대로 문제점을 파악하고 FGI를 실시하여 기술적, 기능적, 형태적 요소를 반영한 디자인 연구방향을 도출하였다. 이를 바탕으로 해양생물인 가오리를 모티브로 1차, 2차 단계별로 디자인 개선안을 마련하였고 설문조사를 통해 디자인의 조형성, 사용성, 안정성, 효과성 등을 검증하였다. 본 연구를 통한 시사점으로 기능적 요소를 우선 고려함에 따라 디자인적 제한이 있었으며, 이를 향후 개선할 필요가 있음을 확인했다. 향후 광통신 기술을 적용한 수중드론의 기능적 요소 개선과 창의적 활용을 위한 실무적 자료로 활용될 것으로 기대한다.

## 목차

### 1. 서론

- 1-1. 연구 배경 및 목적
- 1-2. 연구 범위 및 방법

### 2. 이론적 배경

- 2-1. 국내외 수중드론 시장 규모 및 현황
- 2-2. 광통신 기술에 대한 이해
- 2-3. 국내외 연구동향

### 3. 수중드론 제품 사례

- 3-1. 국내외 수중드론 제품 사례

- 3-2. 국내외 수중드론 운영 사례

### 4. FGI를 통한 디자인 연구 방향 설정

- 4-1 FGI의 개요
- 4-2 FGI의 결과 분석
- 4-3 FGI의 결과 도출

### 5. 제품디자인 제안

- 5-1. 디자인 방향 설정
- 5-2. 디자인 요구사항
- 5-3. 제품디자인 제안
- 5-4. 전문가 검증 및 평가

## 6. 결론

### 1. 서론

#### 1-1. 연구의 배경 및 목적

수중로봇 기술은 1950년대 초반부터 개발이 시작돼 최근 해양개발과 군사 수요로 발전이 가속화 되었다. 현재는 각국에서 약 800여종 이상의 수중드론이 개발되어 수질관리 시설의 점검 및 유지보수, 긴급구조, 파이프라인점검, 해양탐사, 양식업, 수중케이블 설치 및 점검 등 다양한 분야에 활용되고 있으며 이러한 수중드론의 증가와 함께 이들의 임무도 점차 다양해지고 복잡해지고 있다. 시장규모는 2023년 약 41억 달러로 기록되었고 2036년까지 약 171억 달러의 가치에 도달할 것으로 예상하고 있다.<sup>1)</sup> 수중드론은 원격조종방식으로 ROV (Remotely operated vehicle)와 자율수중방식 AUV (Autonomous Underwater Vehicle)으로 분류할 수 있는데 ROV는 선박이나 육상에서 연결된 케이블을 통하여 전력을 공급하고 통신을 연결하여 육상의 운전자에 의해서 제어할 수 있다. ROV는 연결된 케이블의 길이가 제한적 이어서 주로 가까운 거리에서 작업이 수행된다. 이와 달리 AUV는 케이블이 없어 스스로 움직일 수 있다.<sup>2)</sup> 본 연구에서는 ROV 타입의 수중드론이 연구대상이다.

[표 1] 수중드론의 분류

	
ROV (Remotely operated vehicle) 원격조종방식	AUV (Autonomous Underwater Vehicle) 자율수행방식

현재 수중드론시장의 성장에 있어 주요 장애물중 하나는 통신문제이다. 전자기파의 도달거리는 대기권 영

- 1) sunpaper (웹사이트), (2023년 11월02일)  
URL: <https://www.sunpaper.co.kr/reports/underwater-drone-market-research/8603>
- 2) 성호환, 하천 시설물 균열 검사를 위한 수중ROV개발, 부산대학교 대학원, 로봇융합전공, 석사학위 논문, 2021년 8월, pp.1-2

## 참고문헌

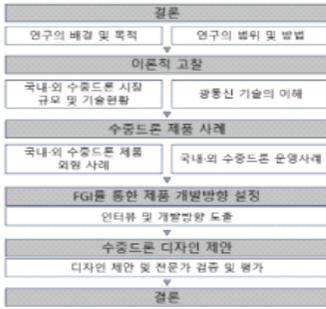
역이 아닌 수중에서는 공기보다 몇 배 더 빨리 빛을 흡수하고 전파가 수중까지 도달하지 못하기 때문에 수중 통신에 한계가 있다. 그렇기에 최근까지 수중에서의 통신은 대부분 음향파를 사용하여 이루어졌다. 하지만 음향파 통신은 많은 용량의 데이터(영상정보데이터)를 고속으로 전송하기 어렵다. 이를 해결하기 위한 방안으로 청색광 레이저 및 LED (Light emitting diode)를 이용한 수중 대용량 고속통신 연구가 활발히 이루어지고 있다. <sup>3)</sup>

이 연구의 목적은 외관 디자인 관점에서 ROV형 수중드론 기술을 발전시키는 데에 있다. 특히, 수중드론의 외관 디자인을 개선하여 기능성과 시각적 매력을 동시에 갖출 수 있는 새로운 디자인 솔루션을 연구하는 것이 주요 목표이다. 이를 통해 수중드론의 외관이 환경적 제약과 임무 요구사항을 고려한 혁신적인 디자인으로 발전할 수 있도록 하고, 이로써 수중드론의 적극적인 활용과 효율성을 증대시키는 것을 목표로 한다. 또한, 이 연구를 통해 수중드론의 외관이 사용자의 관심을 끌고 새로운 기능성과 활용 가능성을 제시함으로써 수중드론 기술의 시장 성장을 촉진하는 것을 목표로 한다.

#### 1-2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 수중드론 시장의 관심과 새로운 활용성을 제시함으로써 시장성장 촉진을 목표로 ROV형 수중드론 디자인 연구를 위하여 첫째 수중드론에 대한 이론적 고찰을 통해 수중드론의 활용도와 광통신 기술적 범위조사를 수행한다. 둘째 국내외 수중드론의 제품현황과 어떻게 운영되고 있는지 조사하였다. 셋째 앞서 조사한 내용을 기반으로 FGI(전문가 집단 인터뷰)를 진행하였으며 기술적 요구사항과 형태적 요구사항을 설정하였다. 넷째 FGI에서 도출된 제품의 개발 방향을 바탕으로 수중드론의 디자인을 제안하고 전문가 검증 및 평가를 실시하였다. 마지막 다섯째에서는 본 연구의 결론과 향후 연구방향에 관해 서술하였다.

- 3) 손현중, 영상통신용 수중광통신 시스템연구, Journal of Ocean Engineering and Technology Volume 32, Issue2, 2018, pp143~150



[그림 1] 연구의 흐름도

## 2. 이론적 배경

### 2-1. 국내의 수중드론 시장 규모 및 현황

수중드론은 해양 자원 탐사, 해양 환경 모니터링, 해양 안전 및 보안 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 이에 따라 시장은 지속적으로 성장하고 있다. 미국은 수중드론 개발 분야에서 선두 주자 중 하나로, 2005년부터 다양한 수중 플랫폼을 개발해 왔다. 국내 수중드론 시장의 규모는 정확한 통계를 파악하기 어려운 상황이지만, 2018년 이후 국내에서도 수중드론의 기술성과 필요성에 대한 인식이 높아지면서 국산화 및 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 2023년까지 수중드론의 기술 국산화 및 연구개발이 이루어졌다는 기사를 통해 국내 수중드론 시장이 성장하고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 시장 동향은 앞으로 국내 수중드론 시장이 더욱 확대되고 기술적으로도 발전할 것으로 전망된다.

[표 2] 국내 수중드론 관련 기사 헤드라인

연도	헤드라인
2018	해양탐사용 수중드론 국산화 안하나 못하나?
2019	수중드론 도입 영역확대... 해양CT산업 융합기대 높아
2021	해양 경찰청, 자율무인잠수정(수중드론)도입위한 연구착수
2022	국내 최초 '수중드론' 국산화... '수중로봇' 개발매진
2023	2023년도 산업대응특화훈련 '드론 조종 및 특화드론운용' 과정 수중드론 거제도 산업현장 실습 실시

### 2-2. 광통신 기술에 대한 이해

수중통신 방식은 케이블을 이용한 통신방식과 음향파 통신을 사용하고 있다. 그중 수중광 무선 통신은 통신 속도와 통신거리, 사용범위가 타 기술에 비해 우수하다.

[표 3] 음향파 수중통신과 가시광 수중통신의 비교

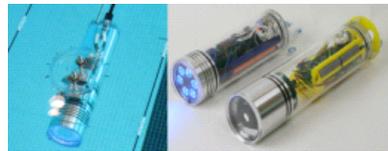
기법의 명칭	기법의 내용
음향파통신	수중에서의 음파속도는 1500m/s전로 전자기파 속도에 비하여 매우 느리다.
	해수의 온도 변화와 분포 영향에 민감하다.
	해수면에서 발생하는 선박 엔진소음, 스크류 소음 등의 잡음에 취약하다.
광 통신	음파의 반사와 굴절에 의한 다중경로 진행 파의 간섭에 취약하다.
	100bps ~ 100Kbps 이하로 데이터 전송 속도가 제한되어있어 대용량 데이터 전송에 어려움이 있다.
	많은 데이터를 전송하는데 높은 전력이 소비된다.
음향파 통신모뎀 시스템은 크기가 크다. 제한적인 수중드론은 공간 제약이 따른다.	청색광의 수중 전파속도는 광속이므로 데이터 고속전송이 가능하다.
	해수의 온도 변화와 분포 영향에 무관하다.
	해수면에서 발생하는 선박 엔진소음, 스크류 소음 등의 잡음에 무관하다.
청색광의 수중 전파속도가 빠르기 때문에 반사와 굴절에 의한 간섭이 없다.	

### 2-3. 광통신 국내의 연구동향

수중 광무선 통신 시스템의 국외연구 동향으로는 미국이 활발한 연구가 이루어지고 있으며 특히 우주출 해양연구소가 세계적으로 주목할 만한 성과를 거두고 있다. 국외의 수중 가시광 무선통신 관련 제품은 MIT, 노스캐롤라이나 대학, (주)볼시스 사에서 개발하였다.

#### 2-3-1 메사추세츠 공과대학 (MIT)

MIT 대학에서는 5W 청색 LED 6개와 APD를 이용하여 1.2Mbps 단방향 통신을 30m거리까지 통신 가능한 수중 광무선 통신모뎀을 개발하고 수중케이블 없이 수중로봇을 제어하는 시험을 수행하였다.<sup>4)</sup>

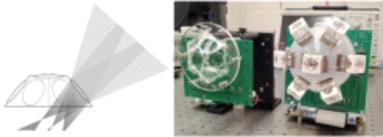


[그림 2] Optical Communication Modem of MIT

4) Doniec M, Detweiler C, Vasilescu I, Rus D 2010 Using Optical Communication for Remote Underwater Robot Operation [Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on] P.4017-4022

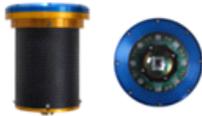
### 2-3-2 노스캐롤라이나 대학

노스캐롤라이나 대학에서는 6각형 형태의 돔에 총 7개의 포토센서, LED, 렌즈를 배치하여 광 거출 및 광 전송 시야각을 향상시키고 상대방 광 통신 장치의 각도를 추정할 수 있는 수중 광무선 통신 장치 연구개발을 수행하였다.



[그림 3] Optical Communication Modem of N.C University

### 2-3-3 (주)볼시스



[그림 4] (주)볼시스 수중무선 광통신 모듈(BOL.com)

단일 실린더 통신모뎀으로 수중 양방향 광 통신을 구현하기 위해 송신파트와 수신파트가 통합된 형태로 하드웨어 구조가 설계되어 있다. 기존 수중 음파 통신 모뎀 대비하여 300배 이상 빠르고 주변 환경에도 간섭이 적은 가시광 통신을 적용하였다.

## 3. 수중드론 제품 사례

### 3-1. 국내외 수중드론 제품 사례

세계 최대 IT 전시회인 CES (Consumer Technology Show) 는 세계 가전업계의 흐름을 한눈에 파악할 수 있는 전시회로 미국소비자 기술 협회 (CTA)의 주최로 매년 1월에 열리고 있다. 2018년부터 꾸준히 스타트업 기업에서는 독창적인 구조로 설계된 수중드론을 선보이면서 산업장비, 군사용 이미지를 벗어나 독창적이고 우수한 외관 디자인으로 사용자의 관심을 끌고 새로운 기능성과 활용 가능성을 제시함으로써 수중드론 기술의 시장 성장을 촉진 하고 있다.

[표 4] 스타트업의 수중드론 출시 제품

 타이탄(Titan)	 (주)HNY
 BIKI	 Whiteshark Mini
 GLADIUS	 Navatics Mito
 SPROUT STUDIOS	 Power Ray

### 3-2. 국내외 수중드론 운영 사례

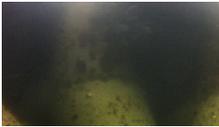
수중드론은 다양한 분야에서 사용될 수 있는데 주로 산업용으로 사용되거나 수중레저용으로 사용되고 있다. 2021년부터는 국내에서 창의교육으로도 활용되고 있다. 홍콩 로봇개발기업인 나바틱스 미토 (Navatics Mito)는 수심 40미터까지 스마트폰 라이브 스트리밍이 가능하고 해양탐사, 수영장 및 선체검사, 낚시 모니터링 등 활용도가 다양하며 전용 앱을 활용해 조작이 간단하며 촬영한 콘텐츠를 소셜미디어에 공유할 수 있다.<sup>5)</sup> 중국 하이테크 기업인 Subblue에서는 2백만 픽셀의 HD 비디오 지원이 제공되며 기내 바닥에서는 추가적인 수중 3D 카메라, 수중음파 탐지기, 조작기, 수질 센서 및 광섬유 장치 등을 장착할 수 있으며 측량 작업, 다이버지원, 검색, 구조 및 댐 모니터링, 수중 사진 촬영을 지원하고 있다.<sup>6)</sup> 2021년도에는 수중드론을 창의교육으로 진행되는 것으로 조사되었다. 시범사업으로 수중드론 교육을 활성화 하여 학생들의 진로·직업의

5) 에이빙, 전자/ICT, 게임분야 웹사이트. (2023년,11월01일)  
URL:https://kr.aving.net/news/articleView.html?idxn o=1466165)

6) 에이빙, 전자/ICT, 게임분야 웹사이트. (2023년,11월01일)  
URL:https://kr.aving.net/news/articleView.html?idxn o=1383060

식을 함양하고 미래의 해양인재 육성을 주제로 국립 청소년 해양센터에서 주최하는 ‘수중드론 교육 활성화’를 위한 캠프가 운영되고 있다. 울릉고등학교는 학생들에게 수중드론을 자유자재로 다루는 능력을 기를 수 있는 수중드론 교육을 실시고, 또한 군산대학교 해양산업기술교육센터에서 수산대 고등학교를 대상으로 학생들에게 전문 자격증 취득까지 지원하고 있다. 이런 교육을 통해 수중드론운용의 흥미와 함께 또 다른 드론 개발에 관한 아이디어로 수중드론 인재 양성을 기대하고 있다.<sup>7)</sup>

[표 5] 산업응용분야 활용

산업응용분야	
	
선체 및 부두검사	양식장관리
	
수중 탐색 및 구조활동	과학적 탐사

[표 6] 창의교육 및 해양레저의 활용

창의교육	
	
선체 및 부두검사	양식장관리

## 4. FGI를 통한 디자인 연구 방향 설정

### 4-1 FGI의 개요

FGI는 광(光)통신 기술 적용 ROV형 수중드론 디자인 개발 방향을 설정하기 위해 진행되었다. 최근 수중드론에 관한 선행연구와 현재 출시중인 제품의 사례조사 등을 통해 분석한 결과를 바탕으로 산업용 활용도와 수중레저, 창의교육에 사활용 되어 케이블 활용 시 문

7) 포항해양과학고, 해저까지 도전하는 ‘수중드론교육’ 실시 다경뉴스 [웹사이트]. (2023년 11월 02일) URL: <http://www.dkitnews.com/209397>

제점의 이미지화된 사례를 선정하여 수중드론 개발자와 전문가 8명을 대상으로 이루어졌다.

질문은 광통신 기술구현을 위한 기술적 요구사항과 수중드론 활용을 위한 적합한 유형은 어떤것이며 그 이유는 무엇인가, 광통신기술을 적용한 수중드론 제품 디자인을 구현하기 위해 고려해야 하는 요소는 무엇인가로 구성하였다.

[표 7] FGI개요

항목	내용
조사방법	FGI (전문가 집단 인터뷰)
조사대상	수중드론 개발자 3인, 드론활용전문가 2인
조사범위	광통신 기술을 적용하기 위한 수중드론의 디자인 개발 방향을 설정
조사기간	2023. 11. 13 (월요일)



[그림 5] 전문가 집단 인터뷰 사진

### 4-2. FGI의 결과 분석

질문1. 광통신 기술구현을 위한 기술적 요구사항과 수중드론 활용은 어떤 비즈니스 분야에 활용할 것인가?의 질문에 대한 답변을 정리해 보면 다음과 같다.

첫 번째, 광통신 기술구현을 위한 기술적 요구사항은 기존 실린더 형태의 광통신 모듈을 가로형 배치로 설계변경을 통해 가로 원통형에 방수구조를 적용하여 배치하는 효과적이라고 답했다. 그러면서도 수중광통신의 송,수신을 위한 부위는 투명한 재질을 사용해야 하며 전방향에는 카메라를 배치 할 수 있어야 하며 하부에는 여러 액세서리를 조립 할 수 있는 브라켓 구조도 적용될 수 있어야 한다고 답했다. 두 번째 수중드론의 활용은 어떤 비즈니스 분야에 활용할 것인가의 질문의 답변은 우선 산업응용분야로 활용되는 분야는 일반 소비자들이 접근하기에 투박한 디자인, 기능을 강조한 디자인으로 소비자의 관심을 끌기에 부족한 점이 많다는 답변이었다. 그리고 케이블 연결방식은 수중 5m 이상 깊은 곳까지 운영된다 보면 케이블의 꼬임으로 인해

활동 반경에 제약이 크다는 문제점에서 광통신 기술을 큰 해결방안으로 보며 아쿠아리움과 같은 관광 콘텐츠에 적용하게 되면 고급어종에 대한 건강관리 및 수족관 모니터링을 하면서 최적화된 수족관의 환경관리용도에 활용할 수 있다고 답변하였다. 또한 관람객들에게 광통신 기술에 대한 이해 및 홍보효과가 높을 것으로 예상된다고 답했다. 이와 같은 비즈니스를 통해 인지도를 높여 수중체험 및 창의교육용 교구재까지 활용할 수 있을 것이라고 답했다.

질문2. 광통신 기술을 적용한 수중드론 제품디자인을 구현하기 위해 고려해야 하는 요소는 무엇인가? 라는 질문에 대한 답변을 정리해 보면 다음과 같다.

첫 번째, 확실한 방수구조를 가져야 한다. 본 연구에 개발된 수중드론은 수심 50m 이상 수조에 활용 할 수 있어야 하며 이를 견디는 구조가 개발비용에 영향을 미친다는 것이다. 아무리 좋은 기술이 있어도 비용적인 부담이 크다면 소비자들은 외면한다. 원통형 구조가 수년간의 개발 경험을 통해 얻은 가장 효과적인 구조라고 답했다. 두 번째, 아쿠아리움, 창의교구재로 활용을 위해서는 친숙한 외관 디자인이 되어야 한다. 해양생물을 모티브로 하여 외관 디자인이 진행되었으면 한다는 의견이었다. 내부 통신모듈을 제외하면 기성제품(심해방수용 고휘도 LED, 상/하/전/후진 추진기)등을 동작시 수류의 방해가 적은 배치도 고려해야 된다는 점이라고 답했다.

### 4-3. FGI의 결과 도출

FGI를 통하여 전문가로부터의 답변을 종합적으로 정리하면 다음과 같다.

광통신 기술을 적용한 수중드론 제품디자인을 구현하기 위해서는 두 가지 주요 요소를 고려해야 한다. 첫째로, 확실한 방수 구조가 필요. 수심 50m 이상까지 사용 가능한 구조를 개발하는 것이 중요하며, 이는 개발 비용에도 영향을 미친다는 것이다. 두 번째로는 아쿠아리움이나 교육용 장비 등의 용도로 활용하기 위해서는 사용자들이 친숙한 외관 디자인이 중요하며 이를 위해 해양 생물을 모티브로 한 디자인을 고려하고, 내부 통신 모듈을 제외한 다른 구성품들의 배치도 고려해야 한다는 것이다.

## 5. 디자인제안

### 5-1. 디자인방향 설정

수중드론제품은 크게 두 가지 부류로 나눌 수 있다. 먼저 해저 탐사를 관찰하여 연구하는 목적으로 사용하는 전문가용 (Professional)이 있고 장난감용으로 사용되는 비전문가(Amateur)로 분류할 수 있다. 전문가용은 100만원에서 500만 원 이상 하는 다양한 가격대로 형성되어 있고 케이블을 연결되어 있어 영상 전송 및 추진체 동작 신호를 주는데 사용된다. 전문가용 일수록 기능을 강조한 디자인외관이 눈에 띄며 해양생물(물고기)을 모티브로한 디자인이 주를 이루고 있다. 비전문가용일수록 잠수함 이미지를 모티브로 하여 토이(TOY)적인 이미지를 부합시켜 흥미를 유발하고 있음을 알 수 있다.

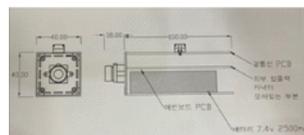


[그림 6] 수중드론 목적성에 따른 분류

### 5-2. 디자인 요구사항

선행연구와 FGI를 바탕으로 수중드론 제품디자인의 요구사항을 세가지 측면으로 정리하였다. 기술적요구사항과 디자인의 사용성을 위한 기능적 요구사항, 디자인의 조형성과 안전성을 위한 형태적 요구사항이 있다.

디자인의 효과성을 위한 기술적 요구사항으로는 수중광통신 모듈과 배터리, 외부 입출력 커넥터공간을 확보하는 것이다.



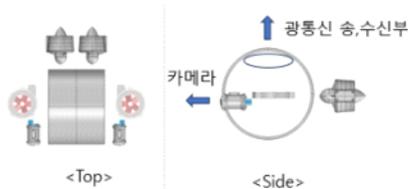
[그림 7] 광통신 기술 (PCB, 배터리, 커넥터) 배치

수중 광 무선통신 기술구현을 제외한 부품은 상, 하, 전, 후 움직임이 가능한 수중추진기와 심해 방수용 고휘도 LED 부품이다. 이는 기존 성능이 검증된 기성품을 사용하도록 한다.

[표 8] 기술적요구사항 적용 기술부품

항목	내용
심해방수용 고휘도 LED	 Openrov 방수 LED 조명, 수심 300m, ROV 20W, 수중 로봇, 2200 루멘, PWM 모드 부품, RC AUV 원격 작동 차량
광통신 보드 및 메인보드	 170X100X 55(H)
배터리	
상, 하 추진기	
전,후진 추진기	 12V-16V, 860KV, 60mm, 300w

수중 광무선통신 기술품은 방수를 기본적으로 확보해야 하며 수압을 버틸 수 있어야 한다. 아크릴 소재 두께 5mm 이상 원통형 구조는 이를 보완하기에 최적화되어있다. 또한 수중광통신을 위해 상승부에는 투명 소재가 적용되어야 하며 전방에는 카메라를 배치해야 한다. 움직임을 위한 기성품 배치를 연구한 결과 [그림 8]과 같다.



[그림 8] 디자인 연구를 위한 기술적 요소 배치도

사용성을 위한 디자인의 기능적 요구사항은 확실한 방수성능에 영향을 미치지 않는 분해 방법과 조립구조이며 제품 분해 과정이 최소화하면서 직관성이 높아야

하며, 수중 외 이동 시 편의성이 확보될 수 있는 손잡이 기능이 필요하다. 또한, 외부 액세서리가 부착될 수 있는 브라켓 구조적용이 가능한 디자인이 필요하다.

조형성과 안전성을 위한 디자인의 형태적 요구사항은 전체적인 외관 형태는 친숙한 이미지전달을 위해 해양생물을 모티브로 하면서 수중탐사 중 외부환경(수중생물, 수초, 암석, 부유물, 수족관에서는 유리벽)등 충돌 시 안전성을 확보 할 수 있어야 하며 염분에 의한 부식이나 염화물 침전을 최소화 할 수 있는 재질이나 구조가 적용되어야 한다.

### 5-3. 제품디자인 제안

주로 산업용으로 기능을 강조하는 외관 디자인이 대부분이다. 하지만 이번 연구에서는 해양생물을 모티브로 한 디자인으로 개발하기 위해 가오리, 문어, 거북이를 참고하여 컨셉 스케치를 진행했다. 이를 통해 수중드론의 외관을 자연적이고 친근한 느낌으로 표현하고자 했다. 가오리의 부드러운 윤곽과 매끄러운 형태, 문어의 다채로운 팔 형태 및 움직임, 거북이의 안정적인 외형과 수중에서의 우아한 움직임을 참고하여 디자인 요소를 결합했다. 이러한 디자인 컨셉을 통해 수중드론이 친화경적이고 친숙한 이미지를 전달하며, 사용자들에게 긍정적인 경험을 제공할 수 있도록 노력했다.

[표 9] 아이디어 스케치

모티브	스케치
 가오리	
 문어	
 거북이	

#### 5-3-1. 1차 디자인연구

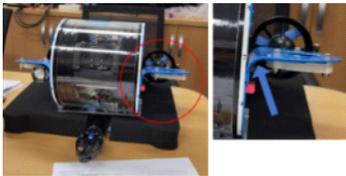
아이디어 스케치를 통해 기술적, 기능적, 형태적 요구사항을 반영하는데 있어서 상, 하, 전진, 후진의 움직임을 가능하게 하는 추진체 형상이 외관에 표현되는 것 보다 날개형상에 매립되어 미관적으로 보이지 않게

하는 것과 후미쪽에 배치된 추진체가 외관케이스에 가려지는 것이 해양생물을 표현하는데 가장 적합하였다. 문어의 형상을 표현함에 있어 다채로운 팔형태는 추진기에 수류에 의해 프로펠러에 감김 현상을 발생시킬 수 있는 위험요소로 파악되었다. 거북이형상은 방수구조를 위한 아크릴 원통 크기가 디자인적 비례를 무너트리는 현상이 문제점으로 파악되어 가오리 형태가 가장 긍정적인 형태로 디자인 연구가 진행되었다. 이를 반영한 디자인 이미지는 다음 [그림 9]과 같다.



[그림 9] 1차 디자인제안

1차 디자인 결과를 반영하여 구동 테스트를 통해 개선사항이 발견되었다. 방수구조는 적합하지만 상, 하 추진기에 적용한 날개부위의 두께가 얇아 상, 하 추진기 구동 시 불안정한 내구성이 발생되었다. 그리고 기능성에 있어 제품이동시 날개를 양손으로 잡게 되는데 내구성 확보가 더욱 필요함을 알 수 있었다. 이를 개선하기로 하면서 2차 디자인을 진행하였다.



[그림 10] 1차 디자인적용 샘플제작 후 문제점 발견

### 5-3-2. 2차 디자인개발

1차 디자인과 샘플제작후 개선점을 반영하여 날개 내구성을 높이면서 가오리 이미지를 연상시킬 수 있도록 노력하였다. 2차 디자인개발 이미지는 다음 [그림 11]과 같다.



[그림 11] 2차 디자인제안 이미지

### 5-3-3. 최종 디자인연구 결과

2차 디자인개선안을 연구하면서 최종적인 디자인연구 결과물을 연구 전과 비교하면 다음 [표.10]와 같다. 디자인 연구 전 수중드론은 아크릴 소재를 활용하여 기능적 요소에 충실한 외관디자인이었다. 이번 디자인 연구를 통해서 기능적 요인을 충족시키면서 해양생물의 모티브를 반영하여 디자인연구 결과물을 도출하였다.

[표 10] 디자인 연구 전, 후 비교



### 5-4. 전문가 검증 및 평가

#### 5-4-1. 전문가 검증 및 평가 개요

디자인 결과물을 기반으로 아쿠아리움 및 창의교구 재 활용에 적합성을 검증하기 위해 앞서 FGI를 진행한 전문가 5인(수중드론 개발자 3인, 드론활용전문가 2인)을 대상으로 설문 조사를 진행하였다.

조사 내용은 [표1]과 같이 조형성, 사용성, 안전성, 효과성 문항으로 구성하였다. 각문항의 척도는 5점 척도(매우 그렇다 5점, 그렇다 4점, 보통이다 3점, 그렇지 않다 2점, 전혀그렇지 않다 1점)를 사용하였으며 설문조사 방식을 설문지를 직접 배포하고 수거하는 방식을 사용하였다.

[표 10] 전문가 평가 개요

항목	내용
조사방법	설문조사
조사대상	수중드론 개발자 3인, 드론활용전문가 2인
조사범위	광통신 기술을 적용한 수중드론 디자인을 3D 랜더링 및 목업제작을 통해 전문가의 검증 및 평가를 받기위해 설문조사 실시
조사기간	2024.2.05.~2024.02.16.

[표 11] 설문조사 내용

항목	내용
1	조형성 제품의 전체적인 형태가 조화롭고 아름다운가?

2		기존 제품과는 다른 차별화된 독창성을 가지고 있는가?
3	사용성	제품의 사용방법이 쉽고 편리한가?
4		제품의 사용방법이 직관적인가?
5	안전성	운영중 외부요인에 충돌시 안전한가?
6		제품의 구조가 안정적인가?
7	효과성	제품의 홍보성에 있어 친화적인 이미지인가?

### 5-3-2 전문가 평가 분석

전문가를 대상으로 실시한 설문조사 분석결과를 살펴보면 항목 1에서 조형성에 관한 문항으로 '제품의 전체적인 형태가 조화롭고 아름다운가'에서 평균 4.5점으로 가장높게 평가되었다. 다음으로는 항목3의 '제품의 사용방법이 쉽고 편리한가' 와 항목6 '제품의 구조가 안정적인가?'의 항목이 동점으로 4.2로 조사되었다. 제품의 차별화된 독창성이나 사용성의 직관성, 제품홍보에 있어 친화적인 이미지인가에 대한 평가는 전반적으로 우수한 평가를 받았다. 하지만 안전성 측면에 5번 항목인 '운영 중 외부요인에 의한 충돌시 안전한가?'라는 질문에는 3.0점의 평균점수를 받는 결과를 얻었다.

[표 12] 설문조사 내용

요소	항목	평균
조형성	1	4.5
	2	4.0
사용성	3	4.2
	4	4.1
안전성	5	3.0
	6	4.2
효과성	7	4.0

## 6. 결론

본 연구는 일반적인 케이블 연결방식의 ROV형 수중드론과 차별화할 수 있는 기술 적용으로 수중 광 무선 통신기술이 적용된 케이블이 없는 수중드론디자인 연구이다. 국내 수중드론 연구는 초기에는 군사적 목적을 중심으로 이루어졌지만, 2018년 이후에는 외관디자인이 일반 해양레저 제품으로 개선되어 세계박람회(CES)에 공개됨으로써 긍정적인 관심의 변화를 보였다. 이로 인해 수중드론 사용자들의 관심이 새로운 기능성과 활용가능성으로 이어지고, 이에따라 기술적 요소를 고려한 수중드론 디자인에 대한 연구를 제안하고자 하였다.

본 논문은 이론적 고찰 및 수중드론의 사례 및 활용분석을 바탕으로 FGI를 실시하여 문제점 개선방안을 도출하였다. 그 결과 기술적 요소를 반영함과 동시에 디자인적 요소를 적용한 수중드론 디자인 방향을 제안하였다. 1차 디자인이후 테스트 샘플을 제작하여 문제점을 도출하고 2차 디자인개선안과 샘플제작까지 진행하였다. 그 후 5점 척도를 활용한 설문조사를 통해 해당 디자인의 조형성, 사용성, 안정성 및 효과성에 대한 검증을 진행하였다.

본 연구를 통한 시사점은 기능적 요인을 우선순위로 반영하다 보니 디자인적 요소의 한계점(사이즈, 유려한 외관조형성의 한계)을 보였다는 점이다. 해당 디자인 연구를 통해 기능적 요소의 개선 필요성을 도출하였으며 창의교재로 활용할 수 있도록 소형화의 필요성도 알 수 있었다. 본 연구를 통해 향후 기능적 요소를 개선하고 아쿠아리움 및 창의교구재로 활용될 수 있도록 실무적 자료로 제공되는데 도움이 될 것으로 기대한다.

## 참고문헌

1. 성호환, 하천 시설물 균열 검사를 위한 수중ROV개발, 부산대학교 대학원, 로봇융합전공, 석사학위 논문, 2021년 8월. pp.1-2
2. 손현중, 영상통신용 수중광통신 시스템연구, Journal of Ocean Engineering and Technology Volume 32, Issue2, 2018, pp143~150
3. Doniec M, Detweiler C, Vasilescu I, Rus D 2010 Using Optical Communication for Remote Underwater Robot Operation [Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on] P.4017-4022
4. www.kr.aving.net
5. www.dkitnews.com
6. www.sunpaper.co.kr