

# 연구개발계획요구서(RFP)

## 과제명 : 3차원 곡면형 비틀림 방향타 기술

### 1. 개요

#### 가. 기술의 개념 및 정의

- 수상선박용 방향타(Rudder)의 캐비테이션 표면침식 및 소음감소를 위해 운항조건별 유동장, 캐비테이션 특성 및 충격성능 등을 고려한 3차원 곡면형 비틀림 방향타(twisted rudder)의 설계기술을 개발하는 과제임.

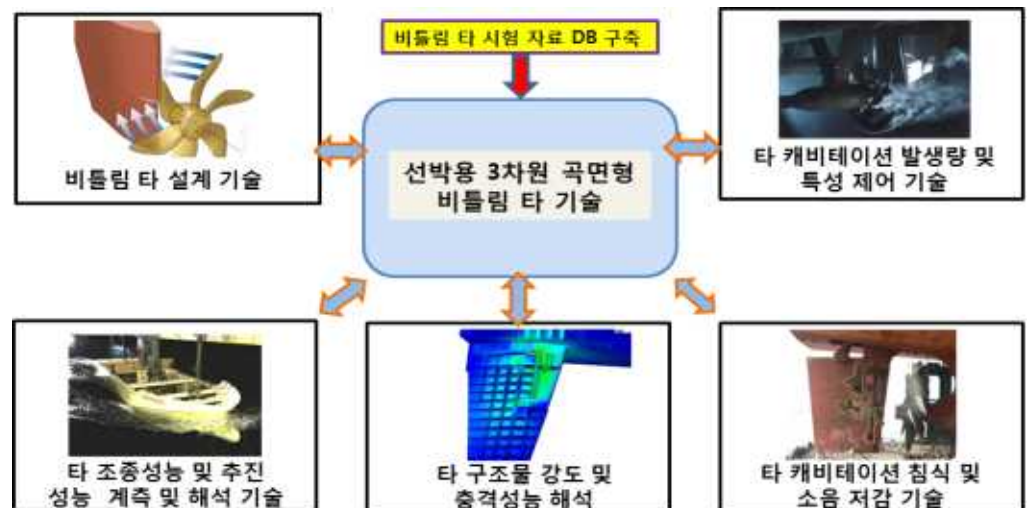


그림 1. 기술개발 개요도

- 3차원 곡면형 비틀림 방향타 기술은 비틀림 방향타 형상 설계 기술, 타 캐비테이션 발생량 및 특성 제어기술, 타 캐비테이션 침식 및 소음 저감기술, 타 조종성능 및 추진 성능 계측 및 해석기술, 타 구조물 강도 및 충격성능 해석으로 이루어지며 해당 시험 결과들은 비틀림타 시험자료 DB(Data Base) 구축을 위해 활용.

#### 나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

- 기술의 중요성/필요성

- 국내 기존 모든 선박에 적용되고 있는 평판형 타는 제작이 용이한 반면에 다음과 같은 성능 저하를 초래함.
  - 캐비테이션 발생 및 붕괴로 타 표면에 침식 발생
  - 캐비테이션 기인 수중 방사소음 및 함 선체진동 유발
  - 유동특성에 부합하지 못하여 타 항력증가, 선속감소, 연료비 증가
  - 선박의 선회반경(tactical diameter) 증가 등 조종성능 저하
  - 캐비테이션 침식에 의한 손상부위 보수로 인해 작전 투입 시간 감소

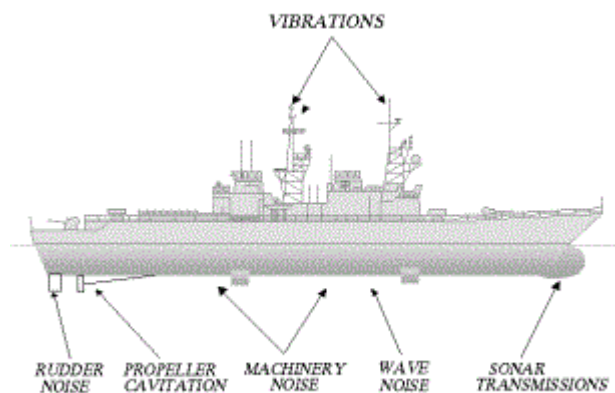


그림 2. 함정의 수중방사소음 원인

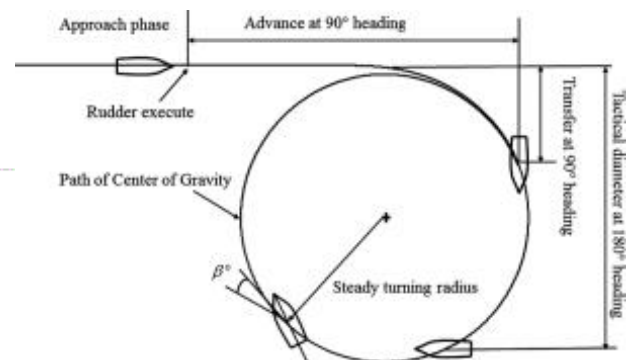


그림 3. 함정의 선회 성능

- 선박의 선체와 프로펠러 후방유동에 의하여 타의 캐비테이션 초생타각 제어가 쉽지 않으므로 3차원 곡면형 비틀림 타 설계를 통하여 타 캐비테이션 초생타각을 증가시켜야 함.
- 민간 상선의 경우에는 비교적 단순한 형태의 비틀림 타를 일부 적용하여 왔으며 제한적으로 캐비테이션 발생 지연 효과를 나타내고 있으나 상선의 경우에도 선미 유동장이 매우 복잡하기 때문에 IMO(국제해사기구) 수중방사소음 규제 강화에 대응하기 위해서는 제안된 과제의 개발기술 적용으로 타의 캐비테이션 성능 고도화가 요구됨.
- o 기술개발의 시급성
  - 평판형 타는 제작이 용이한 반면에 타 캐비테이션에 취약하므로 표면 침식이 쉽게 발생하여 수중 방사 소음 증가, 선체 진

동 유발, 타 항력 증가, 선속 감소에 따른 연료비 증가, 조종성  
능 저하 및 침식 손상부 보수를 위한 작전 투입 시간 감소 등  
이 유발 되어 이에 대한 보완방안이 시급함.

- 평판형 타는 선체와 프로펠러 하류 유동특성을 고려하지 않고  
설계되기 때문에 상대적으로 캐비테이션 발생량이 많거나 캐비  
테이션 초생속도가 낮아 수중방사 소음을 유발함에 따라 적함  
으로부터의 피탐을 증가를 초래하여 생존 성능을 저하시킴.
- 군사기술 선진국은 함정의 특수성능분야 연구결과 및 자료를  
대외비로 분류하여 기술 유출을 막고 있으므로 함정용 비틀림  
타 설계 기술 확보를 위해서 국내 기술개발이 시급함.

## 다. 연구개발 최종 목표

### o 민·군수용

항 목	목 표 성 능
타 캐비테이션 발생량	• 기존함 평판형타 대비 캐비테이션 면적 40% 이상 감소 (최고선속, 타각 15°, 모형시험)
타 캐비테이션 침식 가능 범위	• 기존함 평판형타 대비 캐비테이션 침식범위 30% 이상 감소 (최고선 속, 타각 15°, 모형시험)
타 캐비테이션 소음 저감	• 기존함 평판형타 대비 음압기준 6dB 이상 감소 (최고선속, 1kHz 이하 주파수 대역에서 Peak주파수 기준, 모형시험)
타 캐비테이션 CIS 타각 향상	• 프로펠러 CIS 선속에서 타 CIS 타각을 기존함 평판형타 대비 3° 이 상 향상
선박 조종 및 속도 성능	• 조종 및 속도성능 : 기존함 평판형타 성능 이상 • 최대 타 토크 감소 : 기존함 평판형타 대비 25% 수준 감소
충격 및 구조 강도 해석	• 함정 설계/건조 기준(조함(수)-기-0-003(1), 2005) 중 충격 적용 기준 만족 • 중중량 충격 시험(heavy weight shock test) 조건에 대한 MIL-DTL-901E 내충격 해석 성능 만족
실선용 타 블레이드 제작 정도	• 40% 이상 정도 향상 : KSB ISO 13920에 따라 "C" 선형치수공차 등 급 기준 대비

※ 기존함: 구축함/호위함급 함정

## 2. 국내외 기술현황 및 전망

### 가. 국내 기술동향 및 전망

- o 국내에서는 선박에 대한 비틀림 방향타 연구가 거의 이루어지  
지 않고 있으며 대부분의 선박에 평판형 타를 적용하고 있음.

- 한국해군은 함정 타의 캐비테이션 침식과 소음 저감을 위하여 DDG급(미) 함정에 적용한 3차원 곡면형 비틀림타 설치를 검토 및 구체화를 고려하고 있음
- 삼성중공업의 대덕 선박연구센터(SSMB), 선박해양플랜트연구소 등에서 모형 혼(Horn) 타에 대한 실험을 수행하여 수치해석 기법을 개발하거나 간극 캐비테이션에 대한 연구를 수행하였음.
- 부산대학교에서는 유전자 알고리즘 및 포텐셜 이론에 의한 타-프로펠러 해석 프로그램을 개발하였고 이 프로그램을 근거로 하여 상선용 X-형 비틀림타의 단면을 개발하여 비틀림타의 캐비테이션 성능을 연구한 바 있음 .
- 최근 현대중공업에서는 상선용 X-형비틀림타에 대한 속도 및 조종 성능에 대해서 체계적인 실험을 수행하였고 특정 선형에 대해 좋은 결과를 보여주었음.
- 함정의 평판형타 및 비틀림타에 대하여 캐비테이션 침식감소, 소음감소, 자항추진성능 및 조종성능 향상을 위한 연구결과는 전무함.

#### 나. 국외 기술동향 및 전망

- 미국의 경우 1990년대 말에 미해군의 주도하에 LCC(large cavitation channel)에서 곡면형 비틀림 타에 대한 모형 실험 결과를 수치계산 결과와 비교한 연구를 수행한 바 있음.
- 현재 미해군에서는 개발된 3차원 곡면형 비틀림 방향타를 함정 DDG 51급, DDG 1000급을 포함한 대부분의 함정에 적용하여 운용.
- 미 해군의 Naval Warfare Center에서는 타의 캐비테이션 및 침식 성능을 향상시키기 위한 3차원 곡면형 비틀림 방향타의 특허를 보유하고 있으며 상용화를 위해 지속적으로 노력하고 있음 .
- 이탈리아의 INSEAN 등에서 비교적 간단한 평판형 방향타 실험을 수행하였으며 타와 프로펠러 사이의 상호작용 등에 대한 연구를 진행.
- 독일의 Becker Marine System에서 비틀림 방향타(TLKSR:Twisted

Leading Edge King Support Rudder)에 대한 특허를 보유하고 있었고 국내 대형 조선사들이 비틀림 방향타 특허 사용에 막대한 기술료를 지불해 왔음.

### 3. 연구개발계획

#### 가. 단계별 연구개발 목표

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 캐비테이션 발생면적 감소: <math>\geq 30\%</math></li> <li>• 캐비테이션 침식면적 감소: <math>\geq 20\%</math></li> <li>• 캐비테이션 소음저감: <math>\geq 4\text{dB}</math>(음압)</li> <li>• 캐비테이션 CIS 타각 향상(프로펠러 CIS 기준): <math>\geq 2^\circ</math></li> <li>• 선박 조종 및 속도 성능: 국내 기존함의 평판형 타 성능 이상</li> <li>• 최대 타 토크 감소: <math>\geq 25\%</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비틀림 방향타의 특성분석 및 형상 설계 변수 도출</li> <li>• 선박 방향타 캐비테이션 소음 및 성능시험 기법 개발</li> <li>• 비틀림 방향타 캐비테이션 소음 및 침식 성능향상 기술 및 DB구축</li> <li>• 주요 설계변수 변화에 대한 저항/자항추진/조종 성능</li> <li>• 비틀림 방향타 형상표현 및 제작기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비틀림 방향타 형상 설계 특성분석 결과</li> <li>• 선박 저항/자항추진 성능 해석 결과</li> <li>• 캐비테이션 발생특성, 침식특성, 소음 특성 시험결과</li> <li>• 조종성능 모형시험 결과</li> </ul>
시험개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 캐비테이션 발생면적 감소: <math>\geq 40\%</math></li> <li>• 캐비테이션 침식면적 감소: <math>\geq 30\%</math></li> <li>• 캐비테이션 소음저감: <math>\geq 6\text{dB}</math>(음압)</li> <li>• 캐비테이션 CIS 타각 향상(프로펠러 CIS 기준): <math>\geq 3^\circ</math></li> <li>• 선박 조종 및 속도 성능: 국내 기존함의 평판형 타 성능 이상</li> <li>• 최대 타 토크 감소: <math>\geq 25\%</math></li> <li>• 충격 및 구조 강도 해석: MIL-DTL-901E(Navy)</li> <li>• 실선용 타 블레이드 제작정도 향상: <math>\geq 25\%</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 성능 고도화를 위한 응용설계기술</li> <li>• 조타기 연동을 고려한 비틀림타 상세 설계</li> <li>• 실선을 고려한 비틀림타 통합설계기술</li> <li>• 실해역 시운전 시나리오 작성</li> <li>• 기존타 및 비틀림 방향타 실해역 시운전 및 성능 해석</li> <li>• 실선 비틀림 방향타 제작 및 제작정도 계측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비틀림 방향타 성능 해석 결과</li> <li>• 설계 도면</li> <li>• 실선 비틀림 방향타 시제</li> <li>• 비틀림 방향타 성능 비교시험 결과</li> <li>• 방향타 계측 결과</li> </ul>

※ 1. '연구개발 목표'의 정량적 수치는 기존의 평판형타 대비 성능이며, 모형시험으로 입증

2. 위 표는 예시이며, 과제 신청시 본 문서의 [1-다.연구개발 최종목표] 항목을 참고하여 최종 목표 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에 제시

- 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분.
- 재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고.

#### 나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 5년(응용 3년 + 시험 2년)
- 총 연구개발비(정부출연금) : 50억원 이내(응용연구 30, 시험개발 20)

#### 4. 적용 및 파급효과

##### 가. 적용분야

- o 민수 : 3차원 곡면형 비틀림 타는 대형화되고 고속화되는 상선이나 안락한 고속 주행을 요구하는 여객선의 경우에도 적용이 가능함.
- o 군수 : FFX급, KDX-II급, KDX-III급 등의 신조함 및 기존함 개량사업.

##### 나. 파급효과

- o 기술적 측면 :
  - 3차원 곡면형 방향타 설계 기술 확보로 해외 의존성 탈피하고 해외와 대등한 기술 확보..
  - 표면 침식 및 소음 성능이 우수한 방향타 설계 및 제작 기술을 확보하여 군작전 성능 향상을 위한 핵심소요기술 확보.
- o 경제·산업적 측면 :
  - 대부분의 국내 기존함 및 신조함에 적용 가능하므로 연구개발 투자비 대비 가성비 우수.
  - 함 작전성능에 중요한 기술 자립화를 통해 해외기술 의존 탈피 가능.
  - 국내 설계 및 건조 전투함 신뢰성 제고를 통한 해외 수주 경쟁력 강화로 관련 산업발전에 기여.
  - 3차원 곡면형 비틀림 방향타 기술을 상용화하여 국내 상선 관련 산업발전에 기여.
- o 군사적 측면 :
  - 함정 방향타 침식위험도 최소화로 방향타 교체를 위한 상가 기간을 감소시켜 해상전력 작전 투입기간 증가.
  - 함의 수중방사소음 수준 감소로 피탐율 감소 및 함 생존성 증가.
  - 타 항력감소로 선속증가 및 연료 소비량 감소로 함 운용비 절감.
  - 함의 조종성능 향상으로 함 작전성능 향상.

## 5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

### 가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 목표기술 획득을 증명하는 결과물(시제품, 설계도면, 보고서 등).
- 시제품에는 함 모형선, 비틀림 방향타 모형, 실선용 3차원 곡면형 비틀림타 등을 포함.
- 개발기간 중 획득한 관련 지식재산권(논문, 특허권, 소프트웨어 등록 등).

### 나. 연구개발 결과 평가항목

연구개발계획서 작성 시 본 연구개발계획요구서의 1.다 항의 ‘연구개발 최종목표’를 참고하여 목표 달성을 입증할 수 있는

- 평가항목
- 달성 목표값
- 평가조건(평가조건 조성 방안 포함)을 제시.

## 6. 참여 요건

### 가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- 기업분담율 : 민.군기술협력사업 공동시행규정 제27조
- ※ 주관기관 또는 참여기관에 기업은 필수

### 나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 함.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있음.

#### 다. 기타

- 본 과제를 수행하기 위하여 필요한 소요기술을 분석하고 제안 기관의 소요기술별 수준 및 미보유기술에 대한 확보방안을 제시(연구개발계획서의 ‘IV. 추진체계 및 내용’의 ‘1. 추진 전략 및 체계’ 항목).
- 과제수행에 필수적으로 소요되는 장비에 대한 대책 제시.
- 연구개발계획서는 민.군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제4-1C호(연구개발계획서)를 준용하여 작성.
- 그림, 표 등 인용자료는 반드시 인용처 표기.

#### 7. 참고문헌

#### 8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	이정민	042-607-6046