

수중운동체특화연구센터 소개 및 연구현황

현범수 (한국해양대, 수중운동체특화연구센터)

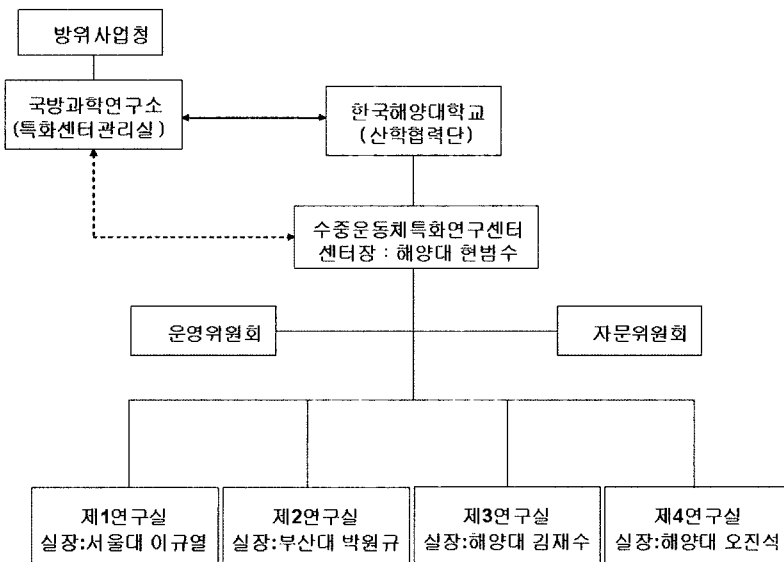
이춘기 (수중운동체특화연구센터)

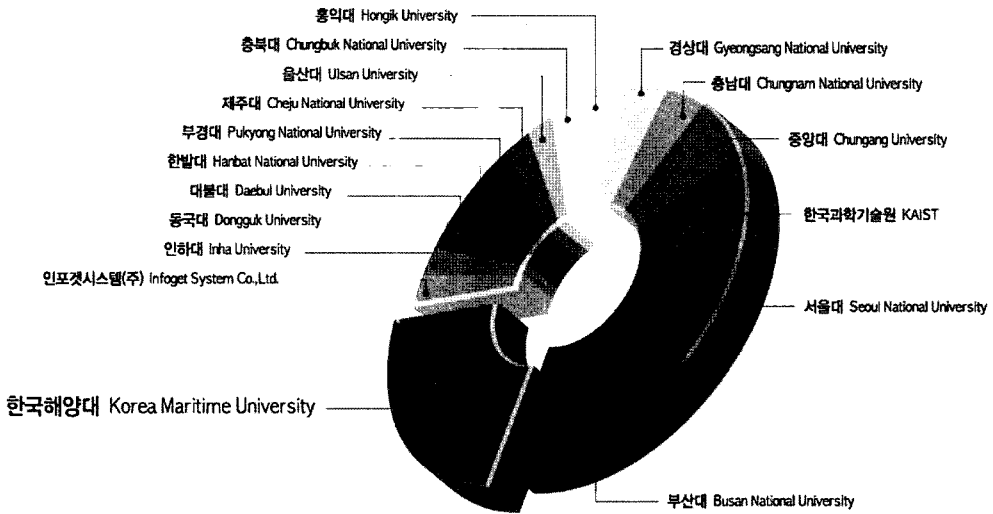
1. 서론

잠수함은 무엇보다 은밀성이 중요한 특징이 있으므로 이에 대한 기술 확보 없이는 보유 잠수함의 전술 전략적인 특성이 노출될 수밖에 없다. 국내 잠수함 설계기술이 아직 확보되어 있지 않은 우리의 현실에서 차세대 잠수함 사업 추진을 위한 독자적인 설계 기술의 확보는 필수적이고 시급한 과제라고 할 수 있다. 제2차 세계대전 이후 수상 및 수중 표적을 겨냥한 기존의 무기체계 개념에서 벗어나, 대지 육상 공격 능력을 갖는 수중발사 전략 유도무기가 잠수함에 채택됨에 따라 독립된 무기체계로서의 역할이 강조되어 왔으며, 수중발사 전략 유도무기의 보유는 적의 선제공격에 대한 취약성을 최소화하고 전쟁 억제력 및 보복력을 극대화할 수 있는 무기체계로서 선진국을 중심으로 활발한 개발 및 연구가 진

행되고 있음은 너무나도 잘 알려진 사실이다. 이러한 설계기술의 기반이 되는 요소기술을 확보하고, 독립적인 수중무기체계로서의 목적을 달성하기 위해서 대형화, 고속화, 자동화 및 탑재무장의 다양화 등을 위한 기반기술 확보가 매우 중요하다.

수중운동체특화연구센터는 21세기 신국방환경에서 요구되는 차세대 잠수함, 차세대 어뢰 및 무인 잠수정과 같은 고난도의 기술이 필요한 함정/수중무기의 국내개발을 위해 국내 학계 및 연구소의 기술능력을 결집하여 체계 개발에 선행하여 이루어져야 하는 관련 기술기반의 조기 구축, 관련 우수인력 양성, 기술도약의 전진기지로 활용하고자 설립되었다. 2004년 국방부 (현재는 방위사업청)에 의하여 한국해양대학교에 지정 설립된 본 센터는 총 3단계에 걸쳐 9년간 105억원의 지정과제연구비를





포함하여 다양한 매칭 펀드와 자유과제 연구비로 운영되고 있다. 본 지에는 수중운동체특화연구센터와 센터의 연구현황에 대하여 간략하게 소개하고자 한다. 특별히 금년은 본 센터가 2단계 사업(4차년도)에 접어든 해이자 차세대 잠수함사업의 원년으로서 그 의미가 남다르다 하겠다.

2. 센터의 조직 및 구성

수중운동체특화연구센터(UVRC : Underwater Vehicle Research Center)는 센터 소장을 중심으로 행정실과 4개의 연구실(수중운동체모델링 연구실, 수중운동 연구실, 수중구조진동 연구실, 수중추진 연구실), 그리고 그 산하에 11개의 세부 지정연구과제를 포함하고 있다. 수중무기체계 개발에 필요한 목적지향적인 연구를 원활하게 수행하는 데에 큰 목표를 두고 있기 때문에 국방과학연구소 실관리책임자와 특화센터 실장급 이상으로 구성된 11인의 운영위원회를 두고 있다, 또한 센터의 발전방향과 사업계획에 관한 자문을 구하고 연구결과 얻어진 기술들이 효율적으로 국방과학연구소나 방위산업체에 이전될 수 있도록 부산시, 방위사업 산업체 임원 및 대학 처장급으로 구성된 자문위원회를 두고 있다. 연구인력으로는 4명의 연구실장을 포함하여 한국해

양대, 부산대, 서울대 교수진을 중심으로 총 16개 대학 및 1개 기업에서 42명의 연구원과 석·박사 과정 대학원생 100여명의 연구보조원이 컨소시엄을 이루어 참여하고 있다.

3. 연구실별 개요

3.1 수중운동체모델링연구실 (제1연구실)

제1연구실인 수중운동체모델링 연구실은 M&S, 분산설계 등 수중운동체 모델링과 관련된 3개의 연구과제를 수행하고 있다.

3.1.1 수중운동체의 체계/부체계 기능 및 성능 시뮬레이션을 위한 네트워크 기반의 가상(Virtual) 복합시스템 모델구조 연구 (SM-11)

먼저 11과제에서는 수중운동체 (잠수함, 어뢰, 무인잠수정)의 체계/부체계의 기능 및 성능 시뮬레이션 시스템을 개발한다. 이를 위하여 객체지향 관점에서 시스템을 분석하고 UML을 사용하여 각 요소의 모델간 인터페이스를 구축하고 HLA (High Level Application) 기반으로 분산 네트워크 시뮬레이션 시스템을 개발한다. 개발된 모델의 검증을 통한 보완이 가능하도록 가상 운동체와 환경모델을 개발하고



이를 검증할 수 있는 운용 시뮬레이션 시스템을 우리 기술로 확보하는 것을 목표로 한다.

3.1.2 실시간 정보공유 및 공동설계가 가능한 수중운동체 분산설계기법 연구 (SM-12)

본 과제에서는 실시간 정보공유 및 공동설계가 가능한 수중운동체 분산설계를 위하여 분산 환경하에서 협업설계의 기본적인 프레임워크를 구성하고, 분산된 CAD /CAM/ CAE 및 PDM 정보의 유기적 연동기술 등을 근간으로 수중운동체 분산 설계 S/W를 개발하여 공유하고 원격공동설계기술 연구 등 효율적인 협업설계 시스템을 진보된 설계 이론의 바탕에서 구축하고 있다. 이를 바탕으로 수중운동체 분산설계 환경 지원이 가능하도록 기업간 엔지니어링 지식을 공유하기 위한 플랫폼을 개발하고 있다.

3.1.3 관내 수중운동체의 발사 유체력 제어 모델링 연구 (SM-13)

본 과제에서는 수중 무기체제와 같이 직접공기발사 방식의 압축공기에 의한 수중 발사체의 발사 유체력 제어시뮬레이션 모델과 PFV를 갖춘 ATP방식의 PFV 제어와 압축수에 의한 발사 유체력 제어 시뮬레이션 모델을 개발한다. 발사 유체력은 관내에서 이동하는 수중운동체 주위의 유동특성 및 동 유체력에 의해 결정되므로 본 과제에서는 운동체 주위의 유동장 해석기술 개발과 해석 결과를 이용한 발사 유체력 제어 시뮬레이션 기술의 개발을 목표로 한다. 이를 위하여 이동발사체 주위 유동의 전산유체해석 기술 및 압축성 유체의 팽창력 제어기술 확보에 노력하고 있다.

3.2 수중운동연구실 (제2연구실)

수중운동연구실은 수중운동체를 유체공학적인 관점에서 해석하는 3개의 과제로 구성되어 있다. 여기에는 전산유체역학을 이용한 수중운동체의 선체-제어판-추진기의 상호작용 연구, 발사체 등 고속 수

중운동체 주위의 다상유동장 해석 및 수중운동체의 비선형 제어기법 및 운항최적화기법 개발이 포함되어 있다.

3.2.1 전산유체역학을 이용한 수중운동체의 선체-제어판-추진기 상호작용 연구 (SM-21)

수중운동체 주위의 유동은 점성 경계층, 선체와 부가물과의 접합부에서 발생하는 와류, 부가물에서 발생하는 난류 후류, 선체와 추진기 사이의 상호 간섭 등의 여러 가지 복잡한 특성을 갖는다. 높은 받음각으로 순항하는 과정에서는 선체 주위에 강한 3차원 박리현상도 필연적이다. 따라서 본 연구의 목표는 다양한 부가물이 장착된 복잡한 형상의 수중운동체 형상을 해석할 수 있는 유동해석 패키지를 구성하고, 이를 사용하여 실제적인 수중운동체 주위 수력계수들을 정도높게 해석하는데 있다. 이를 위하여 비정렬 격자계로 구성된 유동장을 대외류모사법이 적합한 영역과 RANS 해석이 효율적인 영역으로 이원화하여 각 방법의 장점을 최대한 이용하는 기법을 집중 연구하고 있다.

3.2.2 수중운동체 주위의 다상 유동장 해석 (SM-22)

발사체 등 수중운동체가 고속회전에 따라 발생하는 상변화를 고려한 다상유동 해석기술 개발과제이다. 공동의 발생은 동유체력에 변화를 초래하므로 수중운동체의 정밀한 유도를 위해서는 공동현상에 대한 정확한 이해와 해석이 요구된다. 또한 공동은 수중소음의 주요 원인으로써, 은밀한 기동이나 수중탐지 관점에서도 공동현상에 대한 해석은 필수적이다. 본 과제에서는 2차원 부분공동이 있는 수중운동체 주위의 유동장과 3차원 초월 및 부분공동이 있는 수중운동체 주위 유동장을 해석한다. 또한 수중 로켓 추진기관으로부터 배출되는 수중 연소가스와의 상호작용까지 고려한 다상유동장 해석을 목표로 하고 있다.

3.2.3 비선형 운동특성을 갖는 수중운동체의 최적 운

동 설계기법 (SM-23)

자항기뢰, 자항식 기만기, 무인잠수정, 복합체계 등의 차세대 무기체계는 다양한 운항조건과 환경, 그리고 복잡한 시나리오에 의해 운항된다. 이러한 조건 하에서 수중운동체의 특성을 규명하기 위하여는 저속 비선형운동, 과도운동, 이중매질 천이운동 등의 영향이 충분히 고려되어야 한다. 본 과제에서는 수중운동체의 수중 또는 수상에서의 다양한 운동(저속 비선형운동, 다상태 운동, 이중매질 천이운동 등)을 수학적, 물리적으로 신뢰성 있게 기술할 수 있는 수학적모델의 개발과 최적 강인 어기의 개발 및 자동 운항에 관하여 연구한다.

3.3 수중구조진동연구실 (제3연구실)

제3연구실인 수중구조진동 연구실에서는 잠수함의 다양한 무기탑재와 주거공간의 확보를 위한 대형화와 고심도운용을 통한 은밀성을 확보하기 위한 구조의 고강도화 및 방사소음의 최소화를 위한 연구를 수행한다. 이를 위한 3개의 연구과제는 수중운동체의 신소재 내압구조 안전도 정밀 예측 기술, 감쇠 구조물의 진동 감쇠성능 해석을 위한 유한요소 해석기술, 진동제어용 능동 액츄에이터 설계기법 개발을 각기 연구하고 있다.

3.3.1 고심도 복합재 내압구조물의 비선형 좌굴 해석 기술 (SM-31)

본 과제에서는 수중운동체에 신소재인 복합재를 적용할 때, 내압구조 안전도를 정밀 예측할 수 있는 기술을 개발한다. 또한 실용적 복합재 내압구조의 비선형 해석기법을 확보하여 복합재 내압 셀 구조의 파괴기구를 심층 분석하고, 박판 및 후판에 대하여 비선형 좌굴해석 및 최종강도 실험을 수행하여 연구기간 중 개발된 기법들을 검증하고 실험 D/B 를 확보하는 것이 목표이다.

3.3.2 감쇠 구조물 진동해석을 위한 유한요소 해석기술 (SM-32)

구조물의 진동성능을 해석하기 위하여 널리 사용되어 지고 있는 NASTRAN과 같은 범용 소프트웨어는 여러 감쇠재로 구성되어 있는 복합 구조물의 해석에는 부적합하며, 해석하려고 해도 많은 요소로 분할하여야 하므로 모델링의 어려움과 메모리의 한계 등으로 효율/고정밀 해석이 곤란하다. 따라서 본 과제에서는 NASTRAN과 같은 범용 소프트웨어에서 적절하게 해결하지 못하는 복합 감쇠재 구조물을 효율적으로 정밀하게 해석할 수 있는 전용 유한요소해석 코드를 개발하는데 목적이 있다.

3.3.3 진동제어용 능동 액츄에이터 설계 기법 연구 (SM-33)

본 과제에서는 능동 액츄에이터 설계를 위한 능동제어 기술 중 3축을 고려한 능동제어기법 연구와 함께 이의 적용을 위한 원칩(chip)보드 설계 기법을 연구한다. 또한 수중운동체 선체구조의 진동에 의한 방사음장 능동제어를 위한 진동제어용 능동 액츄에이터 설계기술 및 성능 해석기법을 연구하고, 공기중 및 수중에서의 능동 제어성능 실험을 통한 진동제어용 능동 액츄에이터 효과도 분석 및 이를 이용한 설계 기법도 연구한다.

3.4 수중추진연구실 (제4연구실)

제4연구실인 수중추진 연구실에서는 잠수함의 임무수행 및 생존성을 위한 고속화에 관련된 추진력에 관한 연구를 수행한다. 구체적으로 시스템 M&S 기법을 적용한 선박용 대용량 고회력 전동기 성능 예측 및 해석기법 연구개발을 통해 비용 절감 및 최적의 추진 시스템을 개발한다. 또한, 탄성 변형을 고려한 복합재 추진기 설계기법 연구를 통해 추진기 부하에 의해 탄성 변형이 발생하는 복합재 추진기에 대해 유탄성 해석에 의한 최적 설계기법 개발을 목표로 한다.

3.4.1. 대용량 영구자석형 추진 전동기의 설계 및 제어특성 해석기법 연구 (SM-41)



본 과제에서는 선박용 대용량 고효율 영구자석형 추진 전동기(PMPM)의 설계 및 해석기술 개발을 목표로 하고 있다. 구체적으로 5 MW 급 영구자석형 추진전동기(PMPM)의 설계 기술 확보, 10 MW 급 영구자석형 추진전동기(PMPM)의 성능 예측 기술 확보 및 10 MW 급 영구자석형 추진전동기(PMPM)의 설계기술 확보를 각 단계별 연구목표로 삼고 있다.

3.4.2. 탄성변형을 고려한 복합체 추진기 설계기법 연구 (SM-42)

본 과제에서는 추진기 부하에 의해 변형이 발생하는 FRP 등의 복합체 추진기 설계기법을 확보하기 위하여 유체-구조 상호작용에 의한 유탄성 해석기법을 개발하고 모형시험으로 이를 검증/보완하는 연구를 수행한다. 이를 통하여 불균일, 비정상 유동중에서 작동하는 탄성체 추진기의 유체력(점성포함)을 산정하는 코드와 최신의 유한요소 해석법을 결합한 설계 패키지를 구축하는 것을 목표로 하고 있다.

4. 센터의 향후 발전방향

본 센터는 수중무기체계의 개념 도출, 개발과 운용에 필요한 기초 및 응용기술의 연구를 수행하고 그와 관련된 기반기술을 확보하는 것이 목적이다. 이를 위하여는 지금까지 이 분야 연구를 계속해 온 방위사업청/국방과학연구소와 긴밀한 협조 체계를

구축하는 것이 센터 성패의 관건이 될 것이다. 본 센터가 추구하는 기대 효과는 위의 그림과 같다.

먼저 국내 여러 대학에 산재한 고급 연구인력을 한데 결집하여 차세대 잠수함 설계에 필요한 인력을 확보하고 제공하는 역할을 다 해야 할 것이다. 현재 본 센터는 선박분야에 강점을 가진 부산지역 3개 국립대학인 한국해양대와 부산대, 부경대가 연합하고, 합정분야에서 국내 선두적인 위치를 차지하는 서울대학교가 참여하고 있으며, 그 외에 KAIST 등 우수 연구인력들이 보강되어 있다. 여기에 잠수함 성능해석 요소기술의 일부를 보유하고 있는 MOERI 및 KIMM과의 학연협력, 충남대 등 합정기술연구회 소속 연구원들과의 실질적인 유대 강화가 이루어진다면 보다 큰 역할을 담당할 수 있을거라 기대한다.

다음으로 잠수함 설계 및 교육훈련 분야에서 원활한 학-군 연계를 통하여 차세대 중형잠수함사업에 직접 기여하고 잠수함전단 등 실제 잠수함을 운용하는 기관의 애로기술을 해결해 주는 역할을 담당해야 할 것이다. 잠수함 건조기술을 확보하고 있는 현대중공업, 대우조선과의 산학협력을 구체화하고 수중무기체계 및 그에 필요한 장치 및 부품들을 생산하게 될 방위산업체와의 협조 체계도 구축하고자 한다. 앞으로도 수중운동체특화연구센터는 대학-방위사업청/국방과학연구소-방위산업체 및 관련 연

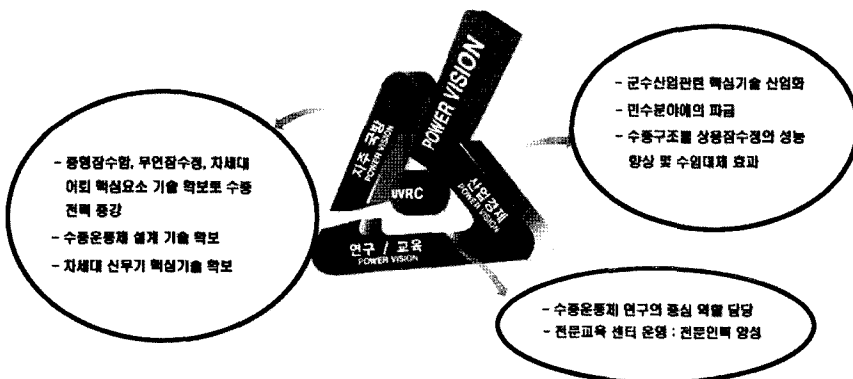


그림 1. 센터 기대효과

구소를 잇는 고리역할을 충실히 하게 될 것이며, 궁극적으로 국방에 필수 불가결한 수중무기체계의 국

내 자체개발 및 생산에 필요한 기반 기술을 지속적으로 제공할 것이다. ∩

현 범 수 | 한국해양대학교 교수, 해양과학기술대학장, 수중운동체특화연구센터 소장



- 1956년 7월생
- 미국 Iowa 대학, 1990.
- 관심분야: 유체역학, 저항·추진
- 연락처: 051) 410-4308
- E-mail: bshyun@hhu.ac.kr

이 춘 기 | 수중운동체특화연구센터 전임연구원



- 1970년 10월생
- 일본 큐슈대학, 2003.
- 관심분야: 선박조종운동, 선체운동
- 연락처: 051) 410-4709
- E-mail: leeck@hhu.ac.kr