

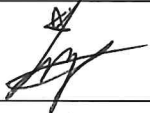



 한국핵융합에너지연구원 KOREA INSTITUTE OF FUSION ENERGY	<h1>기술시방서</h1> (Technical Specification)	개정번호: 0 발행일자: '22.09 페이지: 1/17
--	---	--------------------------------------

핵융합장치 원격유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계 및 시뮬레이션

개정 이력

개정번호	개정일자	개정사유
0	2022. 09. 15	최초 발행

작성, 검토 및 승인

구분	소속/직책	성명	서명	일자
작성	원격제어연구팀/팀장	김홍택		2022. 09. 15
검토	KSTAR연구본부/담당	박영민		2022. 9. 16
검토	원격제어연구팀/담당	홍권희		2022. 9. 16
승인	시스템공학연구부/부장	허남일		2022. 9. 20

목 차

1. 목 적	3
2. 계약범위 및 일정	3
2.1 계약범위	3
2.2 일정	4
3. 용어의 정의	4
4. 상세 기술 사양	5
4.1 일반사항	5
4.2 핵융합장치 원격유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계	7
4.3 핵융합장치 원격유지보수를 위한 로봇 암 시스템 시뮬레이션	13
5. 업무추진 요구사항	14
5.1 업무추진 계획수립	14
5.2 업무추진	14
6. 특기사항	14
6.1 일반사항	14
7. 결과물 제출	15
7.1 제출항목 및 제출시기	15
7.2 문서 작성방법	15
7.3 기록매체 제작 및 검사요건	16
7.4 인수검사요건	16
8. 품질보증요건	17
8.1 일반사항	17
8.2 계약이행 조직의 구성	17

1. 목 적

본 기술시방서는 한국핵융합에너지연구원(이하 KFE) 핵융합공학연구본부 시스템공학연구부에서 “핵융합 실증플랜트 설계개념 및 기반기술 연구” 과제의 일환으로 추진 중인 “핵융합장치 원격유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계 및 시뮬레이션” 등을 수행하면서 필요한 전반적인 기술사양 및 요구 조건을 규정하며, 계약자는 본 기술시방서에서 요구하는 모든 조건 및 기준을 만족하는 작업을 수행하기 위한 목적으로 한다.

2. 계약범위 및 일정

계약자는 본 기술시방서에 기술되어 있는 제반 조건 및 기준을 만족시켜야 하며 제작, 설치 및 검사 등과 관련된 제반 설비 및 기술력을 필히 확보하고 있어야 한다. 계약자는 기술시방서에서 요구하고 있는 기술 사항과 제반 기준에 대하여 필요시 발주자의 승인을 취득한 후 공정을 진행하여야 하며, 구매자의 기술적인 요구사항에 적극적으로 협조해야 한다.

2.1 계약범위

본 계약에 대한 전반적인 업무 범위는 표 1과 같다.

표 1. 계약자 업무 범위

업무 내용	세부 업무 내용	결과물
1. 핵융합장치 원격 유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계	1) 진공용기 $\pm 185^\circ$ 진입 로봇 암 시스템 설계 2) 타일 운반용 그립부 설계 3) 타일 표면 검사용 카메라 설계 4) 로봇 암 제어시스템 설계	설계보고서 3D 설계 모델 2D 도면 해석 결과보고서 제어시스템 설계보고서
2. 핵융합장치 원격 유지보수를 위한 로봇 암 시스템 시뮬레이션	1) 디지털 트윈 시뮬레이션	디지털 트윈 시뮬레이션 결과물 및 보고서

2.1.1 도면 작성

계약자는 핵융합장치 원격 유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계에 사용되는 소프트웨어 호환성을 위하여 다음과 같이 사용한다. 2차원 도면은 KFE에서 제공하는 도면 양식에 맞추어 AutoCAD 2010 이하 버전으로 작성(저장)하고, 3차원 모델링 도면은 CATIA V5 사용을 원칙으로 하며, 계약자가 KFE에서 요구하는 소프트웨어를 보유하고 있지 않은 경우에는 실제 사용한 3차원 소프트웨어의 원본 파일과 CATIA V5에서 사용 가능한 형식의 파일(step)로 변환하여 제공하여야 한다.

2.2 일정

2.2.1 계약자는 계약 후 로봇 암 시스템의 설계 및 디지털 트윈 시뮬레이션을 2023년 12월 말까지 완료하여야 한다.

2.2.2 계약자는 계약 후 주간진도보고를 매주 1회 KFE에 서면 보고하며, 월간진도보고는 매월 1회 실시를 원칙으로 한다.

2.2.3 불가피한 일정 변경 사유가 발생할 시 그 귀책 사유가 계약자에게 있지 않을 경우, 계약자는 일정을 KFE와 협의하여 조정할 수 있다.

3. 용어의 정의

3.1.1 구매자 : 한국핵융합에너지연구원(KFE) 또는 그의 위임자를 의미하며, 공사계약의 경우 발주자로도 정의함.

3.1.2 계약자 : 구매자에게 계약에 의거 기자재 및 용역을 공급하는 자 또는 공사계약을 체결한 자로서 이 지방서에서는 공급자, 판매자, 하도급 계약자 등을 포함함.

3.1.3 KSTAR 장치 : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research 장치로서 KFE를 주관기관으로 하여 진행 중인 차세대 초전도 핵융합 연구 장치이다.

3.1.4 품질검사계획(quality plan 또는 inspection & test plan) : 공급 품목의 구분, 작업 공정 설정, 적용서류의 명시, 검사자 임회점 등을 포함하는 서류로서 계약자가 작성하여 작업착수 이전에 구매자의 검토를 받아야 함.

3.1.5 임회점(witness point) : 계약자가 작업을 진행하기 이전에 구매자에게 서면으로 임회 검사를 요청해야 하는 중요 제작 및 시험검사 단계로서 그 임회 검사 결과가 만족하다는 구매자의 확인 서명 후에 다음 공정을 진행할 수 있음. 다만 계약자가 구매자에게 임회 요청을 명확하게 하였고 구매자가 임회할 의사가 없음이 확인되면 계약자 판단하에 작업을 진행할 수 있음.

3.1.6 필수확인점(hold point) : 임회점보다 더 중시되는 제작 및 시험검사 단계로서 구매자가 임회하거나, 또는 구매자가 임회할 의사가 없음을 서류상으로 확인하기 전에는 해당 작업을 진행할 수 없음.

- 3.1.7 검사 : 어떤 품목 또는 업무가 명시된 요건에 일치하는지를 확인하기 위하여 시험, 조사 또는 측정 등을 하는 행위로서 이 부록에서는 품질검사, 입회검사, 검사 등으로 표시됨.

4. 상세 기술 사양

4.1 일반사항

4.1.1 핵융합장치 원격유지보수

경제적인 측면에서 핵융합발전소의 상업적인 운영 가능성은 필연적으로 플랜트의 높은 가용성(availability)을 요구하며, 운전에 필요한 유지보수 작업 등으로 인해 소요되어야 하는 시간을 최소화할 수 있는 설계와 이에 필요한 기술이 확보되어야 한다. DT 핵융합 단계로 접어들게 되면 핵융합로에서 발생 되는 고에너지 중성자의 위험으로 인하여 내부로의 인력 접근이 어려워진다. 실증로 수준의 핵융합로에서는 절대적인 공간 제약이 있는 환경에서 다양한 부품들을 신속하고 정확하게 교체와 수리(정비)가 이루어져야 한다. 이에 첫 단계로 원격유지보수를 위하여 WEST(프랑스)와 EAST(중국) 핵융합장치에 적용한 굴절식 로봇 암을 기반으로 하는 한국형 로봇 암 시스템 개발을 하고자 한다. 우선 한국형 로봇 암 시스템은 핵융합장치 진공용기 내부에 설치된 플라즈마 대향장치의 이상 유무를 고진공 상태에서 1개의 포트로 $\pm 185^\circ$ 까지 진입하여 검사하고 운전 중 손상된 타일 등의 작은 조각을 안전한 장소로 집어낼 수 있는 기능을 설계하고 디지털 트윈 시뮬레이션하는 것을 1단계 목표로 한다.

4.1.2 핵융합장치 로봇 암 운전 환경

토카막은 도넛 형태의 진공용기와 자기장을 발생시킬 수 있는 코일로 구성되어 있다. 토카막은 열핵 플라즈마를 발생시키며, 이온과 전자로 구성된 플라즈마는 강력한 자기장에 의해 밀폐되어 있다. 한국형 로봇 암 시스템 설계를 위한 참고 자료로 그림 1~3에 한국형 토카막 핵융합장치 진공용기 단면 형상 및 수평 방향 포트 형상을 나타내었다. 그림 2에는 로봇 암이 180° 진입 시 필요한 수평 방향의 진입 길이를 나타내었으며, 진공용기 상/하 부분 접근을 위해서는 로봇 암의 진공용기 진입 전체 길이는 9m 이상 필요할 것으로 판단된다. 로봇 암은 토카막 진공용기의 진공을 유지한 상태로 작동할 수 있어야 한다. 따라서 대기압에서 10^{-5}Pa 의 진공 환경에서 정상 운전이 되어야 한다. 운전하지 않을 경우의 로봇 암은 보관용 보조 챔버 내에 보관되어 있으며, 토카막 운전 시 로봇 암은 자기장과 방사선의 영향을 받는다. 따라서 사용되는 재료와 전자 장비는 방사선과 자기장의 환경하에서 사용이 가능해야 한다. (단, 본 계약에서는 전자 장비에 대한 자기장과 방사선 영향은 제외하나 이와 관련된 국내외 자료를 수집/제공해야 한다.)

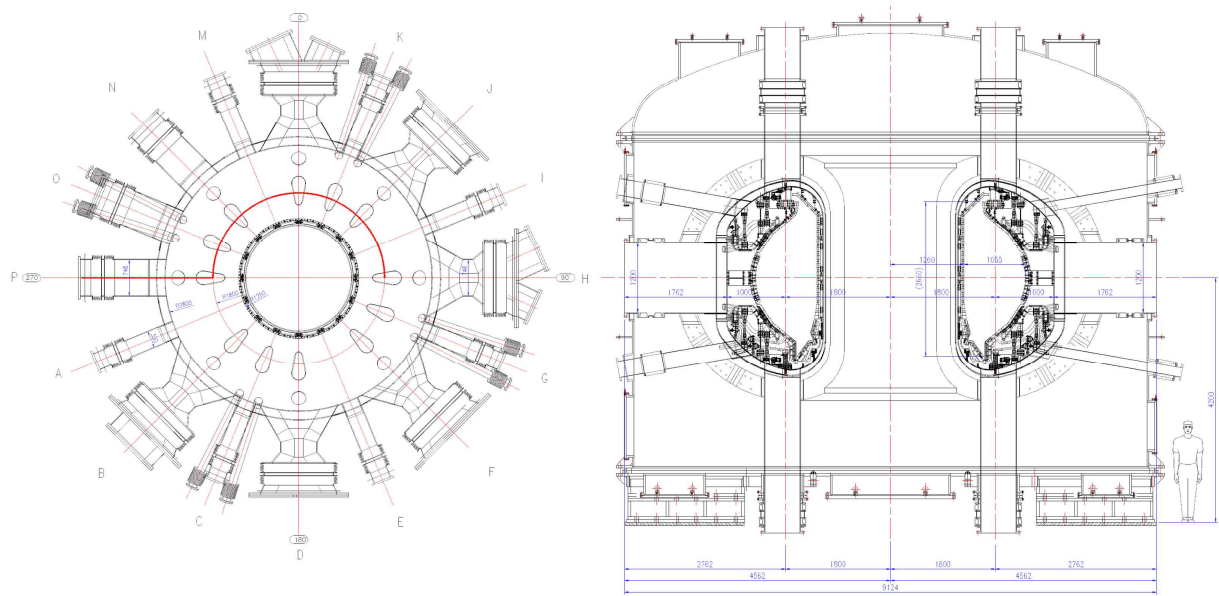


그림 1. 한국형 토카막 핵융합장치 진공용기 2차원 단면도

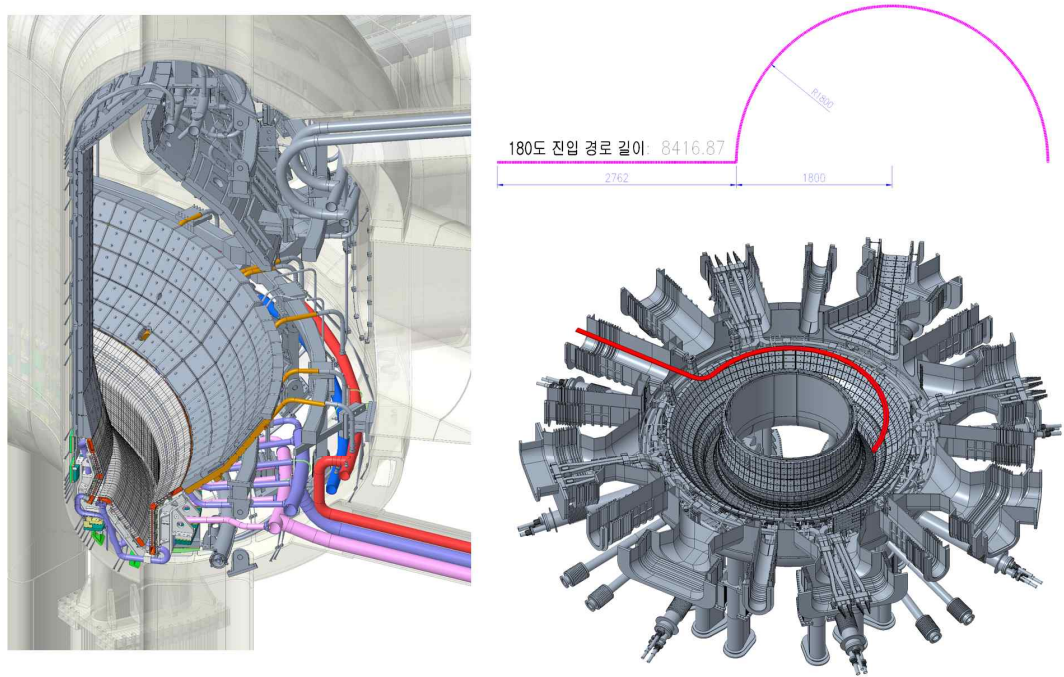


그림 2. 한국형 토카막 핵융합장치 진공용기 3차원 단면도

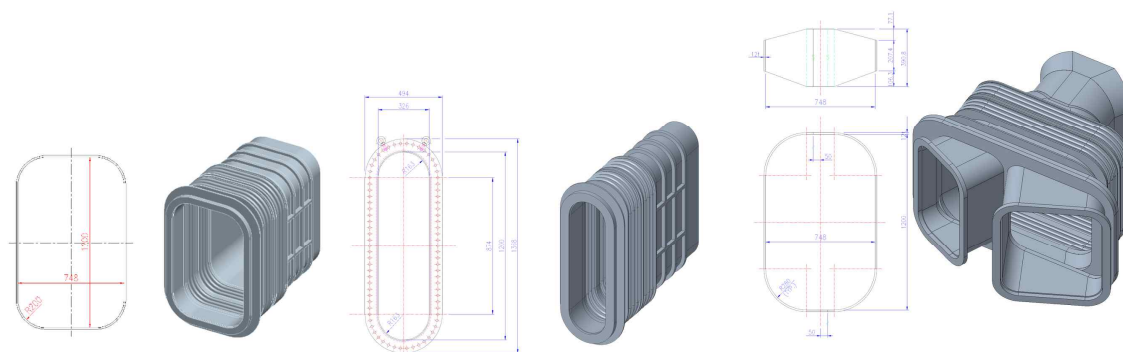


그림 3. 한국형 토카막 핵융합장치 진공용기 수평 방향 포트

4.2 핵융합장치 원력유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계

4.2.1 진공용기 $\pm 185^\circ$ 진입 로봇 압 시스템 설계

- (1) 서틀에 단단히 장착된 5개의 유사한 모듈이 있는 로봇 암은 고진공 상태에서 진공 용기 내부로 $\pm 185^\circ$ 진입할 수 있도록 설계한다.
- (2) 로봇 암 설계 시 분절(segment) 모듈의 수량은 작업 공간에 따라 변경할 수 있다.
- (3) 기구학적 해석을 통해 로봇 암의 치수를 최적화하고 사용 가능한 작업 공간을 충분히 확보하여야 한다.



그림 4. 로봇 암 시스템 (EAST 원격유지보수 시스템)

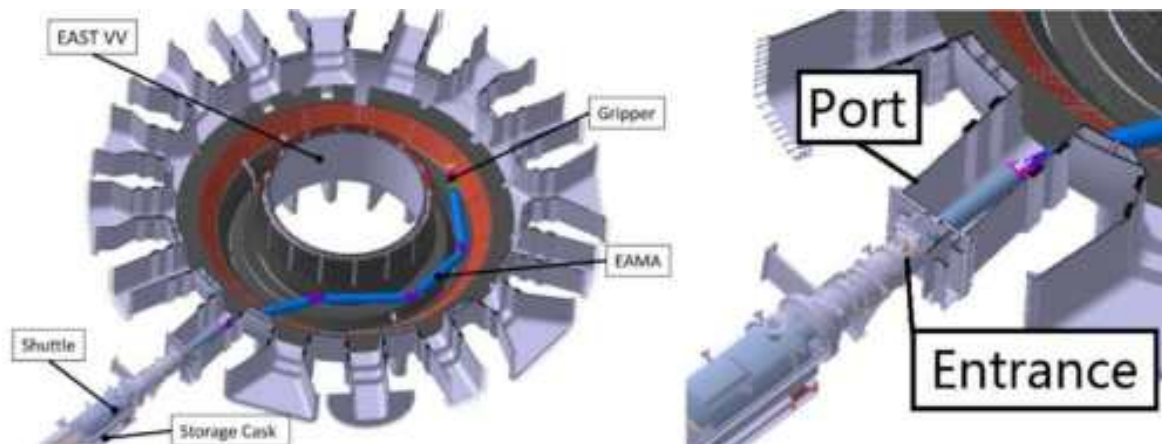


그림 5. EAST Articulated Maintenance Arm (EAMA) 시스템

- (4) 로봇 암이 진입하는 포트의 공간이 제한적임으로, 로봇 암은 직경 250 mm 이내의 크기로 진공용기 내부로 진입하도록 설계한다. (정확한 로봇 암의 형상은 설계 시 논의 후 결정)
- (5) 로봇 암 보관용 보조 챔버에서 로봇 암이 전/후 왕복운동을 할 때 주변 장치와 간섭이 없도록 위치 정확도가 높아야 한다. 특히, 말단부의 절대 위치 정확도는 로봇 암이 정밀한 동작을 하는데 필요한 핵심 기능 중 하나이다.

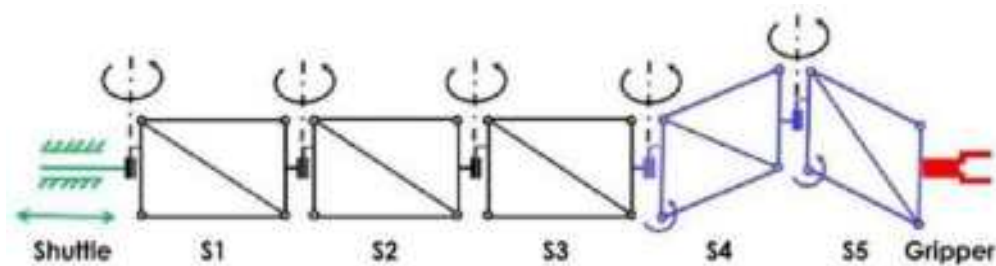


그림 6. 로봇 암 자유도 (EAST 원격유지보수 시스템)

- (6) 그림 6의 S4 번과 S5 번의 대각선 로드(diagonal rod)는 S1, 2, 3의 기능에 상/하 방향의 운동능력이 추가 제공된다.
- (7) 굴절식 로봇 암의 중력에 의한 영향은 평행사변형 구조에 의해 지지 되는 구조이며, 중력 처짐을 극복할 수 있는 향상된 설계 제안이 가능하다. (그림 8~9 참조)
- (8) 수평 로드(horizontal rod)는 회전축을 항상 수직으로 유지하는 역할을 하며, 조인트 편향 및 정적 마찰로 생성된 토크에도 구동이 가능한 좌/우 방향(yaw) 조정 조인트 구동기(actuator)를 설계한다. (그림 7 참조)

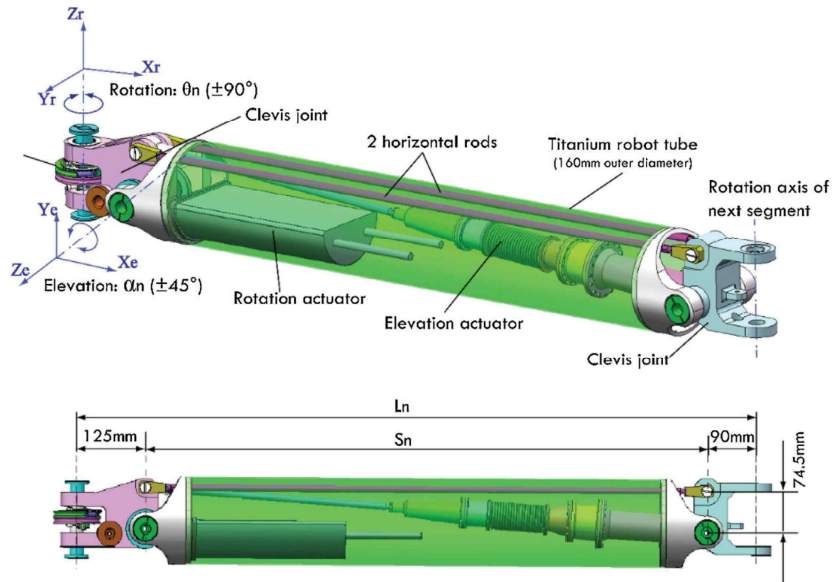


그림 7. 로봇 암 분절(segment) 모듈 3차원 모델
(EAST 원격유지보수 시스템)

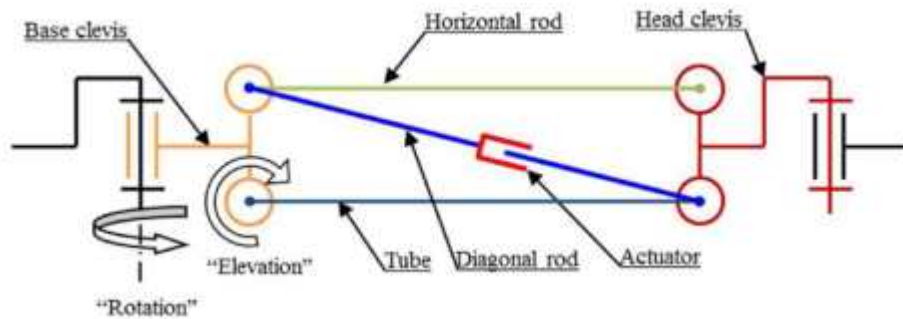


그림 8. 수평 상태에서 분절(segment) 모듈의 평행사변형 메커니즘
(EAST 원격유지보수 시스템)

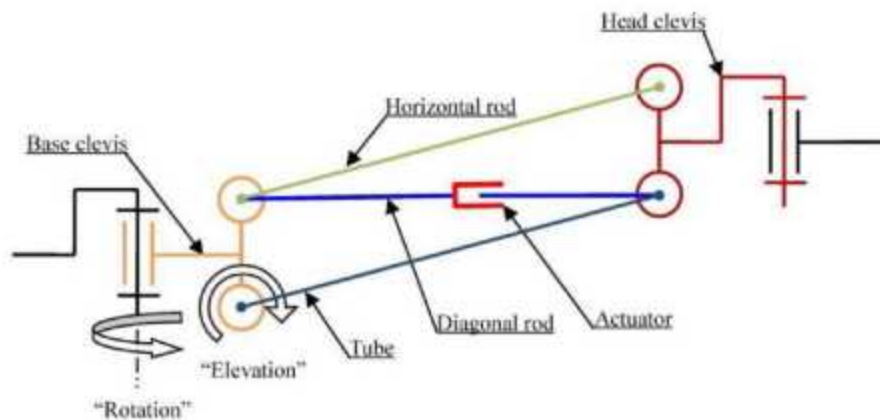


그림 9. 상승 상태에서 분절(segment) 모듈의 평행사변형 메커니즘
(EAST 원격유지보수 시스템)

- (9) 위치 정확도에 영향을 미치는 2가지 요인은 자중에 의한 처짐과 비틀림을 모두 포함하는 탄성 변형이고, 다른 하나는 가공 및 조립으로 인한 기계적 공차로서 구조 최적화 설계를 해야한다.
- (10) 조립 공차는 로봇 암 정확도에 영향을 미치는 주요 원인 중 하나로 베이스 클레비스(clevis: U자 고리)와 헤드 클레비스를 포함하는 연결 부품은 그림 10에 나타난 바와 같으며, 평행사변형 구조의 일부로 클레비스와 튜브는 높은 힘과 토크를 받는다. 따라서 기계적 특성에 대한 큰 변형을 방지하기 위해 티타늄 재료로 만들어진다.

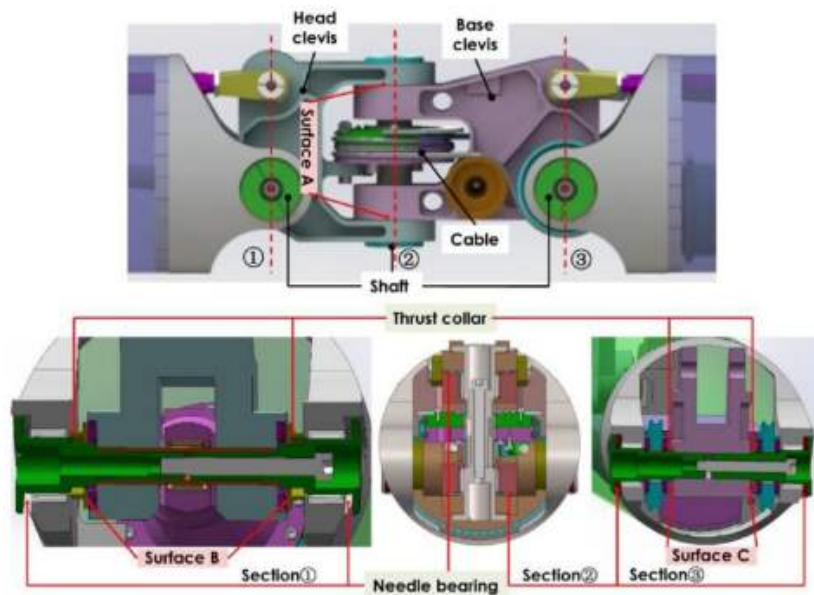


그림 10. 로봇 암 분절(segment) 모듈의 연결부
(EAST 원격유지보수 시스템)

- (11) 핵융합장치 자기장의 왜곡을 방지하기 위해 자성 물질 사용을 배제하고, 로봇 암이 작동하는 부분의 구성 요소(베어링, 기어 등)에 사용되는 윤활제는 고진공 환경에서 사용 가능한 것을 선정한다.
- (12) 로봇 암은 의도치 않은 외부충격(지진, 진동, 충격 등)에 견딜 수 있어야 하며, 최악의 경우 주변 장치를 손상하지 않고 원래 위치로 복귀할 수 있는 기능이 있어야 한다.
- (13) 로봇 암 보관용 보조 챔버의 크기는 로봇 암 분절과 그립부를 안전하게 보관할 수 있어야 하며, 10^{-5} Pa 이하의 진공도를 유지하여야 한다. 또한 토카막 진공용기와 진공 분리를 위한 이중의 게이트 밸브가 설치되어야 한다. 진공도 유지를 위해 보조 챔버에 베이킹 (110℃)이 가능하도록 설계한다.

4.2.2 타일 운반용 그립부 설계

- (1) 로봇 암의 말단에 위치하는 그립부는 검사 및 작은 파편을 집어내기 위한 정밀 조작이 가능해야 한다. 이를 위해 3-DOF(자유도)를 가지도록 3개의 모듈 체인으로 구성되며, 카메라와 조명, 레이저 거리 측정기, 집게가 장착되도록 그립부를 설계한다.
- (2) 그립부의 집게는 2kg 이하의 대상물을 집어낼 수 있는 능력을 갖추도록 설계하며, 정확도는 ± 1 mm 이어야 한다.
- (3) 진공 환경에 사용함으로 데드 볼륨이 없어야 한다.

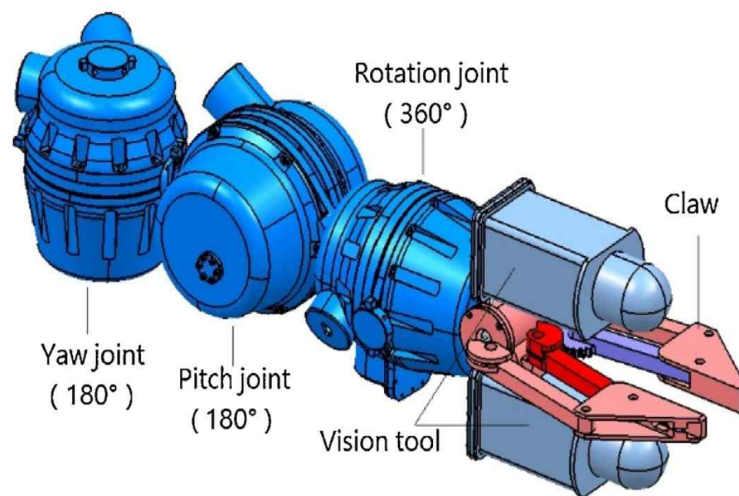


그림 11. 로봇 암의 3 DOFs (pitch, yaw, rotate)

그립부

(EAST 원격유지보수 시스템)

4.2.3 타일 표면 검사용 카메라 설계

작업의 실행 속도와 안전성은 운영자에게 피드백되는 정보의 질과 양에 크게 좌우되며, 이 중 직접 보는 것이 가장 중요하며, 또한 플라즈마 대향면의 구성품을 정기적으로 검사해야 하며, 카메라 시스템은 다음과 같아야 한다.

- 진공용기의 운전 조건에 영향을 미치지 않는 상태로 대향면의 모든 지점을 볼 수 있어야 한다.
- 장치의 운전 정지 시간을 최소화할 수 있게 펄스와 펄스 운전 사이에 검사 가능 (예: 진공 상태에서 검사)
- 진공용기 내부의 어떤 부분이든 신속하게 검사할 수 있어야 한다(예: 오프라인 분석을 위한 비디오 녹화와 함께 사전 프로그래밍 된 스캐닝 루틴 사용).

- (2) 작동 조건 (구동 환경)

- 카메라 시스템은 펄스와 펄스 운전 사이에 사용 가능해야 하므로 UHV(Ultra High Vacuum)와 300° C의 복사열 환경에서 작동 가능해야 한다. 또한 불활성 가스(He, Ar) 환경과 실온 공기 (40~60% 습도)에서 작동 가능해야 한다.)
- (3) 광학 요구사항
 - 플라즈마 대향면에 발생할 수 있는 1mm 이하의 크레이터 또는 결함을 확인할 수 있는 해상도가 목표이다. 상대적으로 먼 거리 (최대 3~4m)에서 요구되는 고해상도 때문에 광학 prove의 직경과 요구되는 광도 사이의 균형 잡힌 최적 설계가 필요하다.
- (4) 시스템 해상도
 - 해상도는 광학 요구사항을 충족할 수 있는 사양의 부품을 선정하여 설계한다.
- (5) 레이저 거리 측정기(리미터 기능)
 - 단말부에 위치 정확도를 결정하기 위해 거리 측정기를 설계한다.
- (6) 3축 진단 기동
- (7) 전체 공간 가시성 확보
- (8) 이미지 캡처 기능

4.2.4 로봇 암 제어시스템 설계

- (1) 주요 부분은 다음 제약 조건과 함께 진공용기 내 핸들링 장치에서 수행된다:
 - 진공 환경, 플라즈마 대향면 온도; 복사열 300°C
 - 중성자선 및 감마선 배경
 - 년 1~2회 유지보수
 - 2kg의 탑재 하중
 - 로봇 암의 위치 정확도 1cm 이내
 - 그립부 및 카메라 위치 정확도 1mm 이내
- (2) 장치 유도과 조작 작업은 Manual 원격 조종과 컴퓨터(로봇화된) 유도를 결합한 Man-in-the-loop 시스템에 의해 제어되게 구성한다. 이러한 장치 제어와 관련하여 어떠한 경우에도 구조물과의 충돌 및 과도한 물리력에 의한 손상이 발생하지 않도록 해야한다. 또한 큰 하중을 고려한 단말부의 위치 정확도를 보장해야 한다.
- (3) Handling unit의 제어 소프트웨어는 진공용기의 기하학적 정보를 바탕으로 만들어 진다. 그러나 다음과 같이 부가적인 하드웨어 충돌 방지 장치가 제공되어야 한다.
 - 이중 안전 수준을 보장하여 운영 안전성을 높인다.
 - 진공용기 내의 구조화되지 않은 장애물(부분적으로 제거된 구성품, 가능한 보조 핸들링 유닛, 공구 및 예비 부품 등)에 의한 충돌 방지.

이러한 하드웨어 보호를 위해 unit 표면에 근접센서가 설치되어야 하며, 장애물이 근접했을 때 즉시 제어시스템이 차단되어야 한다.

- (4) 정확한 포지셔닝을 위해 엔드 이펙터의 위치를 완전히 수동으로 제어할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 비전 시스템과 적절한 조명으로 주변 환경을 완벽하게 인식해야 한다. 반사, 깊이 인식, 시야각, 다중 화면 시스템, 장애물 등의 문제는 이러한 작업을 크게 복잡하게 만든다. 작업을 가속화하고 신뢰성을 높이려면 일정 수준의 컴퓨터 유도가 필요하다. 이 컴퓨터 또는 로봇화된 보조 장치는 다음으로 구성될 수 있다:
 - 기준점에 대한 사전 배치
 - 구성품의 자동 파악
 - 거리 측정 정보
 - 경로 추적(예: 검사 작업에 대한 등거리 경로)
 - 기본 작업의 자동 반복
- (5) 상기 기능은 장치와 대상 간의 정확한 거리를 평가해야 하며 이를 위해 엔드 이펙터 자체에 특정 근접센서를 배치해야 한다. 이러한 센서는 유도 작업을 위한 제어 시스템에서 사용할 수 있다.
- (6) 근접센서의 예
 - 비접촉 유도 센서
 - 광학 삼각 측량 센서
 - 광전 센서
 - 가변 임피던스 센서
 - 기타 센서(광섬유 등)

4.3 핵융합장치 원격유지보수를 위한 로봇 암 시스템 시뮬레이션

4.3.1 디지털 트윈 시뮬레이션

디지털 트윈은 핵융합장치 원격유지보수를 위한 로봇 암 시스템 설계를 바탕으로 가상공간에 실물과 똑같은 로봇 암 시스템을 만들어 진공용기 내부에서 로봇 암이 수행하는 작업에 대한 모든 과정을 시뮬레이션할 수 있어야 한다.

- (1) 가상의 진공용기 형상을 3차원 설계(KFE 제공) 활용
- (2) 디지털 트윈은 4.2절에 제시된 사양을 만족하는 설계를 수행하고 설계 결과를 활용하여 가상공간에 실물과 동일한 로봇 암 시스템을 구축하는 것이다.
- (3) 제어시스템 연동
 - 개발된 디지털 트윈은 가상의 제어시스템이 적용되어 로봇 암의 움직임을 제어할 수 있어야 한다.
 - 가상의 제어시스템은 4.2절의 사양을 준수해야 한다.
 - 로봇 암의 경로 이동성, 위치 정확성, 충돌 방지 등.

5. 업무추진 요구사항

5.1 업무추진 계획수립

5.1.1 계약자는 계약 후 20일 이내에 용역 수행에 대한 용역수행계획서를 제출하여 승인을 받아야 한다. 용역수행계획서는 계약자와 구매자가 함께 참여하는 착수회의 (Kick-off Meeting)를 통하여 검토될 수 있으며, 최소 다음을 포함하는 용역수행계획서를 구매자에 제출하여 승인을 받아야 한다. (착수회의는 계약 후 30일 이내)

- (1) 업무추진방안
- (2) 추진일정
- (3) 문서 제출 계획 등

5.2 업무추진

5.2.1 계약자는 착수회의 및 월간진도보고에 대한 기술 회의에 참석하여야 한다. 단, 구매자의 요청에 의해 회의 일정의 변동이 있을 수 있다.

5.2.2 계약자는 구매자의 요청 시 추가적인 기술 회의에 참석하여야 한다.

6. 특기사항

6.1 일반사항

6.1.1 모든 업무는 관련 시방서 및 문서에 언급된 사항을 기준으로 실행하며 계약자가 임의로 변경하여 적용할 수 없다.

6.1.2 계약자는 구매자가 제공하는 시방서 및 관련 문서에 언급된 모든 기술사항에 대하여 충분히 검토를 하여야 하며, 그 검토 결과 누락된 부분, 미비한 사항, 또는 구매자가 제시한 사항보다 우수한(성능, 수명 등) 대안이 있을 때는 계약자의 의견과 이유, 변경 방법 및 내용, 장단점 등을 기술하고, 상세한 근거 자료를 첨부하여 제출하여야 한다.

6.1.3 추가 상세 사양 및 보완사항은 계약자가 확정된 후 추후 계약범위 이내에서 구매와 협의 조정한다.

6.1.4 계약자(하도급자 포함)는 본 용역의 수행과정에서 반출된 기술자료 및 습득한 제반 지식을 구매자의 사전 승인 없이 국내/외 타 Project에 임의로 사용하거나 반출할 수 없다.

6.1.5 본 시방서에서 언급하고 있는 용역의 산출물 또는 용역의 수행과정에서 계약자가 새로이 습득한 기술정보에 의해 발생한 지적재산권은 구매자에 귀속된다.

6.1.6 계약자는 계약범위 중 일부 업무에 대하여 하도급 처리 시 협력업체에 대한 충분한 사전조사 및 검증 절차를 거쳐야 하며, 최종 하도급 시방서에 대하여 구매자의 승인을 득해야 한다.

6.1.7 계약일반조건에 규정된 요건은 이 시방서에 기술된 내용에 우선하여 계약자에게 적용한다. 만일, 이 시방서와 계약일반조건이 상호 불일치하거나 불명확한 내용이 있을 경우에 계약자는 구매자에게 통보하여 명확한 해석을 받은 후 이행하여야 한다.

7. 결과물 제출

7.1 제출항목 및 제출시기

7.1.1 계약자는 본 기술시방서에서 제시한 일정, 계획, 절차서 등을 [표 2. 제출문서 및 제출시기]에 명기된 기한 내에 제출해야 하며, 본 용역이 시방서 요건에 따라 수행되었음을 증빙하는 문서 및 기록물을 제출하여야 한다.

7.1.2 계약자는 최종보고서 및 결과물을 제출하기 30일 전에 검토용 보고서 (전자파일)을 연구원에 제출하여 사전검토를 득하여야 한다.

표 2. 제출문서 및 제출시기

항 목	내 용	제출 수량 및 형태	제출 시기	비고
용역수행계획서	- 업무추진방안 - 추진일정 - 용역 공정표 등	- 계획서 1부 및 전자파일	계약 후 20일 이내	국문
월간진도보고서	- 주요 업무 추진 내용	- 전자파일	월간회의 시	국문
최종보고서*	- 설계보고서 - 2D & 3D 설제도면 - 해석 결과보고서 - 제어시스템 설계보고서 - 디지털 트윈 시뮬레이션 결과물 및 보고서	- 보고서 5부 및 전자파일	계약 완료 15일 전	국문

7.2 문서 작성방법

7.2.1 문서작성은 한컴오피스 또는 MS-Word를, 발표자료는 MS Powerpoint를 사용함을 원칙으로 한다.

7.2.2 (자체검토, 승인) 계약자가 구매자에게 제출하는 모든 문서는 계약서 및 계약서에 서 요구하는 기술기준과 품질보증요건에 따라 작성, 검토 및 승인되어야 한다. 계약자가 자체 승인한 서류를 구매자에게 제출하여야 한다.

7.2.3 (용지사용) 서류에는 일반적으로 A4용지를 사용하며, 도면에는 크기에 따라 A0, A1, A2, A3 등의 용지를 사용한다.

7.2.4 (전자매체의 사용) 구매자의 요청에 따라 전자매체를 이용한 서류를 제출하는 경

우, 이 전자매체는 관리기준이 수립 및 운영된 것이어야 하며 검색가능(Retrievable), 복사가능(Copiable), 재생가능(Reproducible) 또는 이중보관(Duplicable) 등의 품질요건이 충족되어야 한다.

7.3 기록매체 제작 및 검사요건

- 7.3.1 기록매체(CD-ROM, USB 등)에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)는 전자파일 그대로 수록하는 것을 원칙으로 한다.
- 7.3.2 기록매체에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)의 Image File Format은 CCITT Group4 TIFF 압축 방식 또는 PDF(Portable Document Format)를 사용한다.
- 7.3.3 Image File은 화면 검색 및 출력 시 판독이 가능한 해상도(400dpi 이상)를 유지하도록 Scanning 되어야 한다.
- 7.3.4 도면 및 문서의 Image File 변환 시 Scanning 축척은 1:1로 하여야 한다.
- 7.3.5 기록매체에 수록할 경우 자료의 목록과 원문 이미지 데이터가 연계될 수 있도록 수록 폴더명, 파일명(File Name) 등을 동일하게 부여하여 수록토록 하여야 한다.
- 7.3.6 전자매체에 수록하여 보관되는 모든 기록물은 구매자의 전산시스템에 등록 가능한 형태의 자료이어야 한다.
- 7.3.7 (기록검사) 계약자가 제출한 전자매체에 수록된 기록물은 구매자의 내부기준(수량 검사 및 파일 수록 상태 검사, 화질 검사, 검색 연동성 검사 및 외관 검사 및 표준 색인 목록 검사 등)에 따라 별도의 인수검사를 하여 전자매체 및 수록된 기록물의 품질이 불량하다고 판정 시에는 인수를 거절할 수 있다.

7.4 인수검사요건

- 7.4.1 계약자가 구매자에게 제출하는 모든 서류 및 제품은 적용 기술기준에 따라 작성, 검토, 승인되어야 한다. 계약자가 자체 승인하지 아니한 서류 및 제품이 구매자에게 제출되어서는 안 된다.
- 7.4.2 계약자는 공급하는 용역 결과물이 계약조건과 기술시방서에 일치함을 보증해야 한다.
- 7.4.3 구매자는 인수단계 시 제출 서류를 검사할 수 있으며 계약자는 인수검사 시 최대한 협조해야 한다.
- 7.4.4 구매자에 의한 인수검사 시 누락된 업무 결과물이 없어야 한다. 구매자가 추가제출을 요구하는 문서가 있을 경우 계약자는 추가 문서를 구매자에게 제공하여야 한다.

8. 품질보증요건

8.1 일반사항

- 8.1.1 계약자는 업무수행 시 구매자가 제시하는 품질보증요구조건(문서작성, 기록매체작성, 인수검사 등)을 준수하여야 한다.
- 8.1.2 계약자는 구매자가 요구하는 품질보증요구조건에 대한 이행계획 및 방법을 수립하여 "용역수행계획서"에 포함시켜야 한다.
- 8.1.3 품질보증요건의 이행은 계약자가 수립한 품질매뉴얼, 지침서, 절차서 또는 지시서에 따라 수행하여야 한다.

8.2 계약이행 조직의 구성

- 8.2.1 계약 이행을 위하여 다수의 조직이 관련되는 경우, 각 조직의 책임 한계가 명확히 수립되어야 하고 각 조직 간의 상호 의견교환을 위한 절차가 마련되어야 하며 중요한 정보의 의견교환은 서류화되어야 한다.