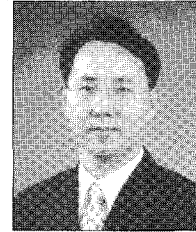


‘ITER(국제핵융합실험로) 공동개발사업’에 적용된 PLM 사례 연구

Application of PLM for ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) Project



김 동 환*



이 장 현**

* (주)솔리드이엔지 DM사업부 본부장
** 인하대학교 기계공학부 선박해양공학과 교수

1. 개 요

ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor) 공동개발사업은 한국을 포함한 7개 나라가 함께하는 역사상 가장 큰 규모의 국제공동연구 개발 사업으로 국제공동 핵융합실험로 건설 사업을 말한다. 이는 석유자원의 고갈과 지구온난화로 인한 문제를 극복하기 위한 국제공동 프로젝트로 선진 6개국(EU, 일본, 미국, 러시아, 중국, 인도)와 함께 우리나라가 함께 참여하고 있다.¹⁾ 7개의 회원국 전담기구 모두 단일요소를 중심으로 개발 작업을 수행하고 있으며, 1천만 개의 부품으로 구성된 복잡한 설비는 엄격한 품질 요건에 따라 설계해야 한다. 이에 따라 표준을 준수하고, 글로벌 개발 환경에 적합한 단일 시스템이 필요한 협업 제품 개발 과정의 하나로 볼 수 있다. 본 기사에는 ITER 공동 개발사업에 적용된 PLM 협업 시스템을 소개하고자 한다.

1.1 핵융합

태양과 같이 스스로 빛을 내는 별들은 핵융합반응을 통해 에너지를 발생한다. 별들의 중심은 1억도 이상의 초고온 플라즈마 상태인데, 이러한 상태에서는 수소와 같은 가벼

운 원자핵이 융합해 무거운 헬륨 원자핵으로 바뀌는 핵융합반응이 일어난다. 이 융합과정에서 나타나는 질량감소가 엄청난 양의 에너지로 방출되는데, 이를 ‘핵융합에너지’라고 한다. 하지만 지구는 태양처럼 핵융합반응이 일어날 수 있는 초고온/고압 상태의 환경이 아니기 때문에, 자기장이나 레이저를 이용해 태양과 같은 환경을 인공적으로 조성하는 ‘핵융합로’를 만들어야 한다.

1.2 ITER

ITER는 핵융합반응에 의하여 플라즈마 속에 발생하는 하전입자인 고속 알파입자(헬륨)에 의한 플라즈마 가열만으로 실용적인 핵융합로에 필요한 수준에서 핵융합연소가 지속되는 조건, 즉 자기점화조건의 확실한 달성을 목표로 하는 국제공동 핵융합실험로를 의미한다. 그림 1은 ITER의 개념 모델인 TOKAMAK을 보이고 있다.²⁾

1.3 ITER사업개요

ITER사업은 표³⁾와 같이 약 50억 유로의 예산으로 진행 중인 장기 개발 사업으로 오랜 기간 동안 제품 개발 정보 및

설계 정보 등이 관리되어야 하는 거대 연구 개발 사업이다.

사업명	국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업
N총사업기간	2004~2040년 (건설, 운영, 방사능감쇄, 해체 등 4단계)
최종목표	선진 6개국(EU, 일본, 미국, 러시아, 중국, 인도)과 공동으로 국제핵융합실험로(ITER) 개발에 참여하여 핵융합 발전의 기술적 실증을 위한 실험로 건설을 통해 핵융합 발전소 건설을 위한 원천기술 확보
주요내용	500MW급 국제핵융합실험로 개발·건설 사업 (총건설비 50.8억 유로)
추진체계	EU와 6개국 공동으로 ITER 장치 제작비, 국제기구 운영비, 공동 R&D 비용 부담
총건설비	3,577.7 kIUA (약 5,080 백만 유로)
건설방식	참여국에 할당된 조달품목을 제작 납품 후 현장 조립 완성

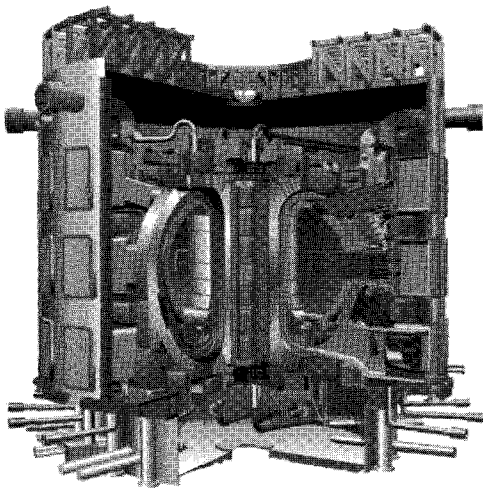


그림 1 International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) concept fusion TOKAMAK reactor design

1.4 핵융합 연구와 ITER

핵융합 연구는 '50년대 미국, 소련 등에서 수소폭탄 개발 계획으로 비밀리에 시작되었으나, 1958년 원자력의 평화적 이용에 관한 국제적 합의에 따라 많은 연구개발투자자와 활발한 국제 공동 연구로 기술개발의 진척이 있었다. 초기 핵융합 연구는 미국, 유럽연합, 일본, 러시아 등 경제력을 겸비한 과학기술 선진국을 중심으로 진척되었으며, 특히 80년대 초반에 세계 3대 장치로 일컬어지는 미국의 『TFTR』, 유럽연합의 『JET』, 일본의 『JT-60U』장치들이 건설 운영되어, 핵융합 기술의 과학적·기술적 타당성을 입증해 왔다.

1988년 핵융합에너지 개발을 위한 실용화 단계로의 발전을 위해 미국, 유럽연합, 일본, 러시아 등 4개국이 주도하는 『국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업』계획이 추진되어

현재 공학설계 (Engineering Design Activity)가 완료됐다.

2001년 공학설계 종료 후 참여국들은 ITER 공동개발사업 추진을 위하여 ITER 건설부지 결정 및 공동이행협정 체결을 위한 협상을 시작하였으며, 우리나라는 2003년 5월 ITER 공동개발사업 참여를 정부차원(제12회 국가과학기술위원회)에서 결정하고 기참여국에 참여의사를 전달하였으며 KSTAR 건설 상황, 국내 산업체의 기술역량을 높이 평가받아 기참여국들의 만장일치 승인 하에, 동년 6월 공식적으로 ITER 공동개발사업에 참여하였다.

2005년 12월 제주회의에서 공동이행협정 및 관련부속문서에 대한 최종합의가 이루어졌으며, 2006년 4월 최종문안 확인을 통해 동년 5월 24일 벨기에 브뤼셀에서 참여 7개국의 가서명이 이루어 졌다. 본 가서명 문서는 2006년 11월 참여국간 『ITER 공동이행협정』에 대한 공식 서명이 이루어지면서 공식화 되었고, 이후 참여 국가별로 비준이 이루어지고 2007년 10월에 ITER 국제기구가 공식 출범하였다.

2. ITER와 제품 개발 기술 - PLM

ITER의 제품 개발 절차상 중요한 협업 환경은 중앙 관리팀을 통해 국제적인 첨단 과학 연구 프로젝트를 조정하는 것이다. 이 프로젝트의 최종적인 산물은 글로벌 에너지 시범 사업이 될 세상에 단 하나뿐인 융합 발전소이다. 따라서 ITER의 성공을 위해서는 실시간으로 진행되는 글로벌 공동 작업과 협업이 매우 중요하다. 이 프로젝트의 정치적 조직은 세계 각지에 흩어져 있고, 구매 패키지는 직무 라인보다는 지정학적 구분에 따라 나뉘진다. 7개의 회원국 전담 기구 모두 단일 요소를 중심으로 작업을 할 수도 있지만, 1천만 개의 부품으로 구성된 놀랍도록 복잡한 설비를 극도로 엄격한 품질 요건에 따라 설계해야 하는 문제 때문에 이것도 상당히 힘겨운 상황이다.

ITER에 참여하고 있는 많은 연구 조직들은 모두 특정 분야의 전문가로 구성되어 있다. 이런 전문 지식들을 모아 TOKAMAK과 발전 설비 개발 과정을 최적화하는 것도 만만치 않은 과제이다. ITER은 협업 개발 환경을 갖추고 회원국 전담 기구들이 동시에 공동 작업을 진행할 수 있는 방법을 제공할 수 있어야 할 것이다.

이에 ITER은 원자로와 발전소를 설계하고 그 설계 방식을 체계화하며 조직 전체의 장기적인 데이터 상호 운용성을 보장할 방법으로 PLM(제품수명주기관리, Product Lifecycle Management) 개발 방법을 채택하였으며, 이를 위한 개발 Tool로서 3차원 CAD 프로그램으로 CATIA V5, 제품 정보 관리 환경으로 ENOVIA VPLM, 그리고 3차원 가상 시뮬레이션으

로 DELMIA를 이용하고 있다. 상기 솔루션은 다쏘시스템社에 개발한 것들로 자동차, 항공, 조선, 기계, 플랜트 등 다양한 제조산업에 적용되고 있는 것들이다.

2.1 3D CAD : CATIA V5

CATIA V5는 TOKAMAK과 그것이 설치될 설비를 만들기 위한 3D 설계 솔루션으로 사용하고 있다. ITER 설계부에서 ‘세부 내역까지 완벽하게 지정된 설계도’ 수준의 작업 분류 체계를 만들어주면 회원국 전담 기구가 구체적인 컴포넌트 설계 작업을 인정받는다. 설계부에서는 CATIA V5와 ENOVIA에서 제공되는 디지털 목업(DMU) 기능을 이용해 TOKAMAK에 들어가는 수백만 개의 복잡하고 중요한 부품을 조립했을 때 서로 충돌 없이 작동하도록 한다. 그림 2는 3D CAD를 이용하여 설계한 ITER의 부품인 Liquid

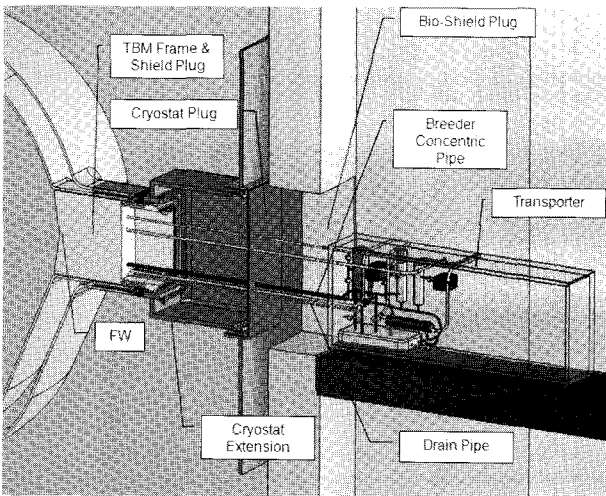


그림 2 Conceptual Liquid Breeder Port Layout and Ancillary equipment

Breeder Port의 형상 예이다.⁴⁾

2.2 Product Lifecycle Management & Database : ENOVIA VPLM

마이크로소프트 윈도우 서버에 설치된 ENOVIA VPLM은 모든 설계 및 엔지니어링 데이터를 위한 단일 저장소 기능을 한다. 엔지니어들은 이를 통해 개별 부품이나 대형 어셈블리, 제작품 전체와 관련된 최신 설계 작업을 함께 할 수 있다. 의사 결정 과정을 향상시키고 설계 재사용을 촉진하는 중요한 기능이다.

엔지니어들은 시설을 설계할 때 특정 ‘룸’에 들어가는 모든 어셈블리와 시스템에 관한 상세 정보를 제공해주는 가상 ‘룸 북(Room Books)’을 이용할 수 있도록 하였다. ENOVIA는 3D를 이용해 관련 룸에 대한 모든 컴포넌트를 검색 및 다운로드할 수 있게 구성함으로써 컴포넌트의 규정 준수 여부나 설계 변경에 따르는 영향을 검증하고 있다. 그림 3⁹⁾은 ITER의 설계 정보 및 Digital Mock-Up 정보 저장을 위한 PLM 구성을 보여주고 있다.

2.3 Virtual Simulation for Process Verification : DELMIA

일반적으로 복잡한 제품의 설계 및 개발 과정 중에 공정 계획, 제품 조립 및 분해를 위한 Digital manufacturing 기술이 적용되고 있다. 이는 공정 검증, 작업자의 작업 환경 분석까지 활용될 수 있는 기술이다. ITER은 Digital manufacturing 기술을 이용한 프로세스 분석 플랫폼으로 DELMIA를 도입했다. DELMIA 계획 수립 도구를 이용해 조립 및 유지보수 프로세스 전체의 자원 이용을 최적화한다. 장비의 Kinematics나 로

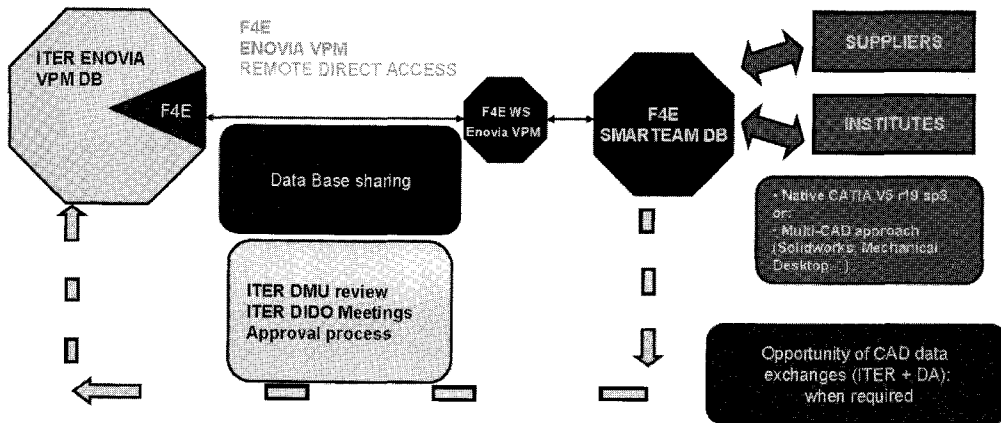


그림 3 ITER의 설계 정보 관리를 위한 Architecture

봇 공학을 정의하기 위한 틀을 비롯해 다양한 프로세스 상세화 기능을 이용하여 최신 Digital Mock-Up과 직접 링크된 3D CAD 모델을 사용하여 중요한 프로세스와 관련 장비에 대한 상세 분석을 실시하고 있다. 그림 4은 작업 환경 및 각종 치공구의 합리성 검증을 위한 공정 분석 사례이다.⁶⁾ 그림 5는 제품의 Digital Mock-Up을 이용한 간섭 검증의 예이다.⁷⁾

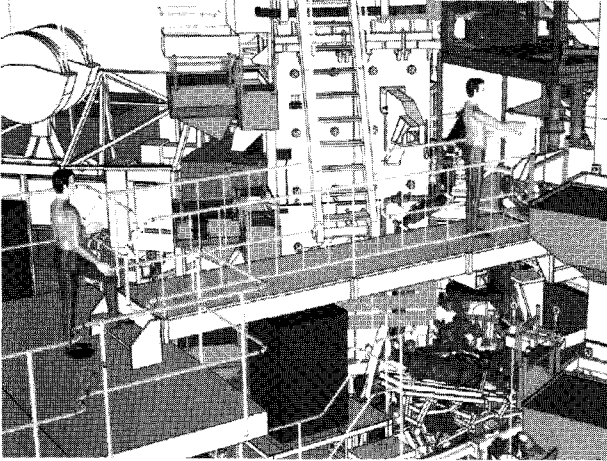


그림 4 원자로 건설을 위한 작업 환경 시뮬레이션 사례

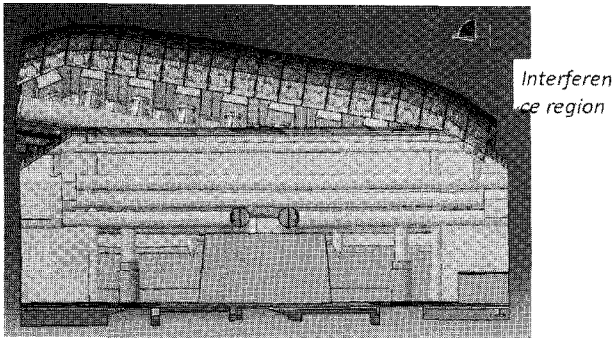



그림 5 원자로 3차원 모델의 간섭 검증 사례

3. 결 론

ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor) 공동개발사업은 한국을 포함한 7개 나라가 함께하는 협업 제품 개발 및 설계 프로젝트의 일종으로 볼 수 있다. 거대한 조직과 부품 개수, 복잡한 제품 개발 과정을 체계적으로 관리하기 위한 기술로서 PLM을 적용하기 시작한 사례로 볼 수 있을 것이다.

참 고 자 료

1. www.iterkorea.org
2. IBM, IBM Product Lifecycle Management - Plant and Mechanical Design, Equipment and Systems 기사
3. Mohamed Abdou, ITER Test Blanket Module (TBM) and ITER Nuclear Science and Engineering, VLT/USIPO Meeting, October 20-21, 2004
4. Alfredo Portone, Engineering analysis and codes, Fusion for energy, October 2, 2009
5. Nick Lerner, Design for Life, www.theiet.org/power August/September 2007 Power Engineer
6. M. Ulrickson, First Wall and Shield Activities, Presented at the FNST Meeting, UCLA, August 18, 2009 

[담당 : 이장현, 편집위원]