

초고온 진공로 통합설계 최적화 소프트웨어 개발

김우현¹⁾, 이재우²⁾, 변영환³⁾

건국대학교 항공우주공학과¹⁾, 건국대학교 항공우주공학과²⁾, 건국대학교 항공우주공학과³⁾

Development of Integrated Design and Optimization Software for the High Temperature Furnace Design

YuXuan Jin¹⁾, Jaewoo Lee²⁾ and Yunghwan Byun³⁾

¹⁾Department of Aerospace Engineering, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea

²⁾Department of Aerospace Engineering, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea

³⁾Department of Aerospace Engineering, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea

Abstract : High temperature vacuum furnaces or high standard electric furnaces demand high technology level and high production cost. Therefore, an iterative design process and the optimization approach under integrated computing environment are required to reduce the development risk. Moreover, it also required to develop an integrated design software that can manage the centralized database system between factory and design department, and the automated furnace design and analysis. The developed software is dedicated to the development of the vacuum (electric) furnaces. Based on the distribute middleware system, the GUI module, the CAD module, the thermal analysis module and the optimization module are integrated. For the DBMS, Microsoft Access is employed, the GUI is developed using Visual Basic language, and AutoCAD is utilized for the configuration design. By investigating the analysis code interface, the analysis and optimization process, and the data communication method, the overall system architecture, the method to integrate the optimizer and analysis codes, and the method to manage the data flow are proposed and verified through the optimal furnace design

Key Words : Integrated Design(통합설계), Optimization(최적화), Furnace(로), GUI(사용자 인터페이스) CAD(캐드)

1. 서 론

대부분의 중소기업 단위의 제품 설계 및 개발은 설계, 해석 부서와 제작 및 생산 부서가 지리적, 업무적으로 분리되어 있으며 다양한 소프트웨어들이 산재되어 설계 및 개발에 사용되고 있다. 따라서 통합적 설계 프로세스가 효과적으

로 구현되기 위해서는 이러한 이기종 분산 환경을 지원할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 단일 GUI 환경을 통해서 각 제품 설계 분야의 설계 과정 참여 및 설계의 변경, 수정 및 결재 처리를

* Department of Aerospace Engineering, Konkuk University.
jwlee@konkuk.ac.kr

가능하게 함으로써 완전 통합된 다분야 통합 설계 소프트웨어 개발을 지향하고, 또한 중앙 집중적 데이터베이스 설계/관리 체계 및 인터페이스 개발이 요구된다. 초고온 진공(가스)분위기 또는 대용량 등의 고품질 공업로 장치는 특히 고도의 기술과 고가의 제작비용이 요구되므로 통합적 환경하의 전산 시뮬레이션에 기반한 설계 반복과 최적설계를 통하여 개발 Risk 단축이 필요하게 되며 공장과 설계실 간의 통합적 데이터베이스 운영과 설계 자동화 그리고 진공로의 성능 해석이 가능한 통합적 설계 소프트웨어 개발이 필요하다.

진공로 시스템 개발은 사용자로부터 고객 요구서를 받으면서부터 견적서를 작성하며 설계 과정은 시작된다. 견적서의 내용에 따라 발열체와 단열재, 챔버 형태 및 크기 등을 선정하며 진공시스템, 냉각 방식을 결정하여 진공로 제작을 시작한다. 제작 후 실험과 해석을 통하여 잘못된 부분이 있으면 그 해당된 사항에 되돌아가 형상을 수정하는 과정을 반복한다. Fig1은 일반 로(furnace)업체에서 사용하는 진공로 시스템의 설계 프로세스이다[1].

기존의 진공로 설계 방식은 Trial and Error 방식으로 제작 전 진공로 성능에 대해 예측이 불가능하였고 또한 경험에 의존한 설계로 인해 제작 시 과도 증축 설계 되어 제작 비용과 운영비용이 많아져 비효율적이었다. 따라서 최적화를 통한 효율적인 진공로 설계기술의 개발이 필요하게 되었으며 이러한 개발 환경을 제공하는 설계 프레임워크의 개발이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 초고온 진공로 통합설계 프레임워크를 통합 미들웨어를 중심으로 분산된 작업자 환경을 제공하는 GUI모듈, 형상설계를 수행하는 CAD 모듈, 열 해석을 수행하는 해석 모듈 그리고 최적화 모듈 등을 중앙 집중적 데이터베이스 설계 및 관리로 통합하였다. 통합 설계 프레임워크 개발 시 설계 문제의 특성에 따라 각 모듈을 선정했고 GUI, CAD, 최적화 등 모듈의

통합 방안을 제시하며 분산 환경을 고려한 초고온 진공로 통합 설계 프로그램이 개발하였다.

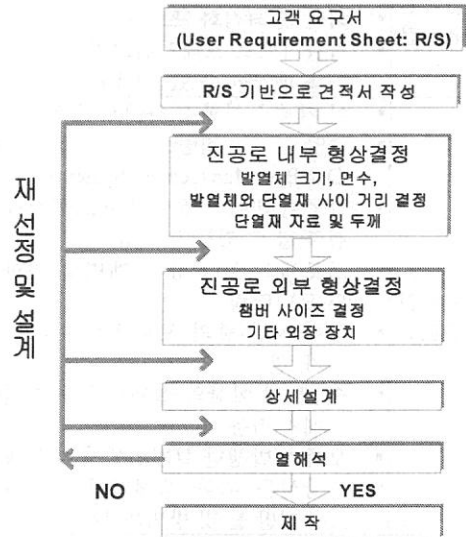


Fig4. Design Process

2. 본 론

2.1 절 초고온 진공로 통합설계 프레임워크의 통합구조

분산환경 하의 프레임워크 Architecture를 도출해내기 위해서 프레임워크 요구사항의 변화 분석, 프레임워크로 출시된 몇몇 소프트웨어 Architecture를 분석하였고 프레임워크 개발 시 필요한 요구조건을 열거하였다. 다음 table 1은 프레임워크의 요구조건이다[2].

프레임워크의 개발 목적은 다음의 두 가지로 요약된다. 첫째, 시간 및 비용 측면에서 효율적으로 MDO(Multidisciplinary Design Optimization)를 수행할 수 있는 설계 기능적인 측면과 둘째, 설계 분야 전문가들의 동시적 설계 참여가 가능한 통합 설계 환경으로서의 측면이다[2].

table 1. Requirements of Frameworks

기본적인 요구조건	<ul style="list-style-type: none"> CAD/CAE 툴의 통합 방법 해석 코드간의 데이터 흐름 관리 해석 및 최적화 프로세스 관리 직관적으로 프레임워크가 가진 기능을 파악할 수 있는 GUI
필수적인 요구조건	<ul style="list-style-type: none"> 이 기종 분산환경 하에서의 실행 중앙 집중식 DBMS (DataBaseManagement System) 잘못된 데이터 흐름과 프로세스를 검출할 수 있는 디버깅 프로세스 실행 중 설계변수 변화의 모니터링 실행 시간 중의 프로세스의 삭제, 추가, 변경 수 백 개 이상의 설계변수를 가진 문제의 적용 오류가 발생한 설계점에서 재실행 확장성을 위한 객체지향 설계와 표준개발 톨 및 방법의 사용
추가적인 요구조건	<ul style="list-style-type: none"> 스케줄링에 의한 실행 해석 코드의 병렬 수행

프레임워크에서 확장성의 의미는 두 가지 관점에서 살펴볼 수 있다. 첫 번째로는 프레임워크에 적용 가능한 설계 대상에 대한 확장성이고 두 번째로는 해석/최적화 코드와 같은 설계 자원의 확장성이다.

이러한 요구조건을 고려한 그림2는 진공로 통합설계 프로그램의 개발 개념도를 나타낸다.

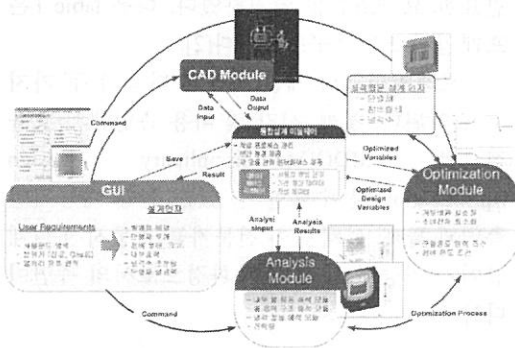


Fig2. System Concept

2.2 절 초고온 진공로 통합설계 프레임워크의 시스템 통합구조

초고온 진공로 통합설계 프레임워크는 6개 모듈로 구성되었다. 분산된 자원을 통합하기 위해 통합미들웨어(Plinda)를 사용하였고 데이터베이스 시스템은 Microsoft Access를 사용하였으며 사용자 인터페이스는 GUI는 구현이 쉬운 Visual Basic 언어를 사용하였다. 형상설계 CAD는 진공로 형상을 감안하여 이차원 구현이 쉬운 AutoCAD를 선정하였고 최적화 모듈은 구배기반의 DOT코드를 사용하였으며 해석모듈은 전도, 대류, 복사를 포함한 소스가 있는 해석코드를 사용하였다.

그림 3은 진공로 통합설계 프레임워크의 전체 시스템 통합 구조를 나타낸다[3].

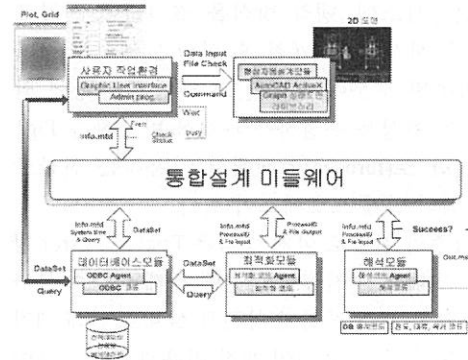


Fig 3. System Architecture

초고온 진공로 통합설계 프로그램은 통합설계 미들웨어를 중심으로 각 모듈이 통합을 이루고 있으며 경우에 따라서 두 모듈간도 직접 통합을 이루고 있다. 그림 3에서 설계, 해석, 최적화, GUI, DB 모듈들이 통합설계 미들웨어에 접속하여 작업을 수행하고 있음을 알 수 있다. Agent는 각각 분산환경하에서의 통신 담당, 프로세스의 정의, 데이터 흐름 정의를 담당하는 것으로 구분되며 해석 자원을 Wrapping하는 구간이 된다[3]. 각 모듈의 의존성을 최소화하고 프

레이미워크의 확장성을 최대화하기 위하여 각 모듈을 컴퍼넌트화 하였다.

2.3 절 초고온 진공로 통합설계 프레임워크의 각 모듈의 통합방안

2.3.1 항 해석코드 통합방안

현재까지 개발된 대부분 해석코드의 통합 방법은 입출력 파일을 이용하는 것이다. 초고온 진공로 통합설계 프로그램에서 실행프로그램만 제공되어 있는 해석코드에 대해서는 파일 입출력을 사용하였으며 소스가 있는 경우에는 Mixed-language등을 이용하여 코드를 통합시켰다. 해석코드의 입출력을 이용하여 통합 시 해석코드에 대한 표준 입력과 출력 파일의 메타정보 파일을 만들고, 사용자에게 의해 정의되는 입출력 변수의 집합으로 해석코드의 입력파일을 만든다. 입출력 파일은 GUI 상에서 입출력 파일을 읽어 들여 사용자가 선택하는 순으로, 그리고 데이터의 타입 별로 저장하게 된다. 이 때 해당 데이터의 입출력 파일에서의 라인 수와 라인 상에서의 쉼표, Space 같은 구분자의 수 또한 같이 저장되며, 입출력 파일의 생성 시 이를 이용한다.

그림 4는 파일 입출력을 이용한 코드 통합시의 구이다[3].

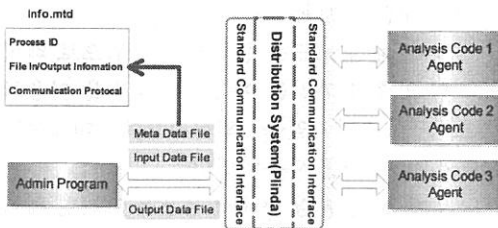


Fig 4. Integrated Analysis Code

초고온 진공로 통합설계 프로그램에서 해석코드 통합이 파일의 입출력을 통하여 이루어지기 때문에 새 버전의 해석코드가 생성될지라도 해석코드의 입력과 출력형식이 변화되지 않

으면 코드의 수정이 필요가 없는 장점을 가지고 있다. 해석코드의 통합이 또한 분산시스템을 통해 이루어졌기에 해석자원을 분리시켜 단일 PC 뿐만 아니라 여러 개 PC의 해석자원을 동시에 사용할 수 있게 되었다. 그리고 해석자원을 분리시켰으므로 전체 시스템을 가볍게 가져 갈 수 있었다.

2.3.2 항 최적화 코드 통합 방안

진공로 최적화 문제를 구성하였을 때 데이터베이스의 데이터를 읽어 해석을 수행한다. 최적화 코드는 Fortran으로 구성되는 경우가 많고, Fortran언어로는 데이터베이스 Access가 거의 불가능 상태이므로 이를 해결하기 위하여 C++와 Fortran의 Mixed Language를 사용하였다. 즉 해석에 필요한 데이터는 C++코드로 (ODBC코드) 데이터베이스에 Access하여 데이터 파일을 생성하면 Fortran코드는 생성된 파일의 데이터를 읽어서 최적화를 수행한다. 통합된 최적화 코드는 해석코드와 같은 방식으로 분산시스템을 통하여 GUI와 통합을 이루었다[4]. 그림 5는 최적화 코드와 해석코드의 통합구조이다.

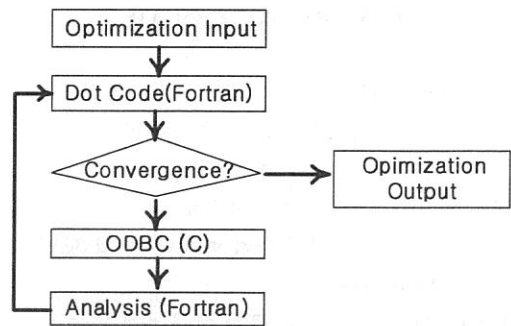


Fig8 . Integrated Optimization Code

2.3.3 항 데이터베이스 통합 방안

초고온 진공로 통합설계 프로그램에서는 데이터베이스 시스템을 두 가지 방식으로 통합을 하였다. 처음 방법은 파일의 입출력을 이용한 통합방식이다. 해석코드와 통합시키는 방법과

같지만 단지 입력파일이 데이터의 값이 아니라 쿼리문으로 이루어졌을 뿐이다. 사용자가 해석 코드나 최적화코드를 실행에 데이터가 필요할 때 쿼리문을 생성하여 데이터베이스 접속한 후, 사용자 원하는 데이터를 추출한다. 두번째 방법은 직접 사용자 인터페이스 GUI에서 미들웨어를 경과하지 않고 데이터베이스에 접속하여 건적서 데이터를 입력하거나 진공로 부품에 대한 정보를 읽을 수 있다. 그림 3에서 데이터베이스 통합 구조를 볼 수 있다.

2.3.4 항 CAD 통합 방안

초고온 진공로 통합설계 프로그램에서 형상설계 부분인 AutoCAD는 분산미들웨어를 통하지 않고 직접 GUI와 통합을 이루었다[5]. 그림 6은 CAD와 GUI의 통합 구조도이다.

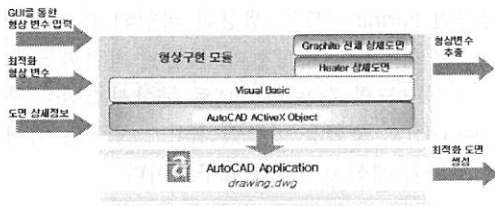


Fig6. Integrated AutoCAD

AutoCAD에서는 기존에 진공로 설계 도면을 이용하여 형상데이터를 추출하였으며 진공로 2D 상세설계는 데이터베이스 이용한 진공로 최적화 경우의 7개 설계 변수로 상세한 CAD도면을 구성하기에 부족하기 때문에 고정 도면의 경우 AutoCAD Block 기능을 활용하였다. AutoCAD ActiveX를 이용한 형상설계 모듈을 개발하였으며 AutoCAD ActiveX는 AutoCAD의 안이나 밖에서 AutoCAD를 프로그래밍 및 조작하는 방법을 제공한다. AutoCAD ActiveX는 Visual Basic 언어를 이용하므로 타 모듈과의 데이터 공유 및 통합이 수월하고 타 AutoCAD API (AutoLisp, ADS)에 비해 속도가 빠르다. 통합된 GUI에 포함되어 운영되므로 형상구현 단계에서

수집한 변수를 직접 해석모듈에 전달 할 수 있으며 해석 및 최적화에서 받은 변수 값을 이용해 자동형상을 구현 할 수 있다.

초고온 진공로 통합설계 프로그램은 미들웨어를 중심으로 각 모듈을 부동한 방식으로 통합을 이루었으며 각 설계모듈의 특성에 맞게 특정한 통합방식을 사용하여 통합하였고 최대한 모듈과 모듈간의 의존성을 피함으로 각 모듈간의 독립성을 유지하였다.

3. 결론

본 연구에서는 초고온 진공로 통합설계 프레임워크 시스템 통합 구조, 각 모듈간의 통합 방안, 그리고 해석 및 최적화 코드의 특징과 입출력 형식, 코드간의 연계 방식 및 데이터 흐름에 관하여 분석하였다. 분석 결과를 토대로 분산환경을 고려한 초고온 진공로 전산 통합설계 환경을 개발하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다.

첫째, 중앙 집중식 데이터베이스 관리체계를 이용하여 데이터를 통합 관리하며, 분산환경의 각 설계 해석자원을 분산미들웨어를 통하여 통합을 하였으며 객체 지향적 개념의 각 모듈의 개별 제작, 향후 확장 및 수정의 용이성을 고려한 유연한 구조의 초고온 진공로 전산 통합 설계 환경을 개발하였다.

둘째, 해석 코드를 통합하는 방법으로 해석 코드의 입출력 파일을 이용하는 방법을 이용하였으며 소스가 있는 해석코드에 대해서는 Mixed-language를 사용하였다.

셋째, 분산 환경 하에서 운용을 고려한 해석 및 최적화 과정의 관리 방안, 그리고 Local PC 환경을 고려한 데이터베이스, CAD의 특정된 통합 방안을 제시하였다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소의 유도무기 다학제간 최적설계기법 연구 과제 (과제 번호: UD030013AD)로 수행되었으며 연구비를 지원해 주신 국방과학연구소에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Min-Ji Kim, Ho-Girl Jung, Jae-Woo Lee and Changjin Lee, "Energy Efficient Vacuum Furnace Design by Constructing Thermal Analysis Database", International Women's Conference on BIEN-TECHNOLOGY, November 2003.
2. O. Salas, J. C. Townsend, "Framework Requirements for MDO Application Development", AIAA-98-4740.
3. 김신의, 정갑주, 이재우, 김종화, 김우현, "MDO를 위한 분산 컴퓨팅 시스템" 한국정보과학회제31기 춘계학술발표회, 2004년 4월.
4. DOT Users Manual, Vanderplaats Research & Development Inc., 1995.
5. AutoCAD User Manual(ActiveX and VBA Developer's Guide), Autodesk Inc., 2002.