

유도무기 통합최적화설계를 위한 전산프레임워크 개발연구

Development of Missile Design Computer Framework for the Multidisciplinary Optimization

김우현* · 이승진** · 이재우*** · 변영환****

Kim, Woo-Hyun · Lee, Seung-Jin · Lee, Jae-Woo · Byun, Yung-Hwan

ABSTRACT

Missile system, which requires high speed/ high maneuverability is getting more important as a defensive weapon system. Integrated design environment which includes all related resources during the missile development process, is a very useful development tool. Therefore the design framework can perform the operation analysis and utilize design information for the efficient missile design. For this purpose, various analysis computer codes under heterogeneous platforms and operating systems, the database, the optimization module, and Ideas a commercial CAD are integrated using distributed middleware. and the complicated GUI design has been made for the specific missile system design. Under the various constraint, maximize missile range and loadfactor with missile design computer framework.

Keywords: *Missile System, Integrated design framework, database, GUI, loadfactor*

1. 서론

고속/고기동성이 요구되지만 크기와 무게에 제약이 있는 유도무기 체계는 개발하는 과정에서 설계 전 분야를 통합하고 분석할 수 있는 환경이 요구된다. 이를 위하여 설계자의 운용요구분석과 다양한 설계 자료 및 정보를 바탕으로 효율적 유도무기 설계 프레임워크 구축이 필요하다(이재우 2005).

이러한 유도무기 설계 프레임워크는 이기종 환경 및 언어에서 개발된 다양한 해석코드들의 통합, CAD 및 데이터베이스 시스템과의 통합, 복잡한 GUI(Graphic User Interface) 환경과의 통합, 그리고 다분야간의 최적화 등이 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 유도무기 설계를 위한 통합적 설계가 이루어 질 수 있도록 각 해석 프로그램을 통합하고자 한다. 형상설계, 분야별 해석, 그리고 최적화 분야를 포함하는 통합설계 전산프레임워크를 개발하고, 최적 설계 기법을 유도무기 통합설계 프레임워크에 적용하여 다양한 설계 구속 조건하에서 사거리와 하중계수를 최대화 하는 유도무기를 설계 하고자 한다.

* 건국대학교 신기술융합과 박사과정 E-mail: whkim@konkuk.ac.kr

** 건국대학교 항공우주공학과 석사과정 E-mail: p47d@hotmail.com

*** 건국대학교 항공우주공학과 교수 E-mail: jwlee@konkuk.ac.kr

**** 건국대학교 항공우주공학과 교수 E-mail: yhbyun@konkuk.ac.kr

2. 유도무기 통합설계 프레임워크 시스템 설계

2.1. 유도무기 시스템 설계 시나리오

본 연구에서 다루는 유도무기 통합설계 프레임워크에는 4개의 해석코드의 통합이 요구되었다. 이 해석코드로는 MATLAB으로 작성된 최적화를 포함한 주의 및 무게 사이징 코드와, 다른 최적화 도구의 적용을 위해 최적화 부분을 삭제한 주의 및 무게 사이징 코드, GUI 환경으로 제작된 DATCOM 및 동안정미계수 산출 코드(DYNSTA) 통합 코드, 그리고 C언어로 작성된 차원계수 산출 코드가 있다.

유도무기 통합설계 프레임워크를 개발하기 위해서는 운용환경을 고려한 설계시나리오가 필요하다. 시나리오로는 유도무기 설계를 위해 기존에 있는 유도무기 해석모델만 이용하는 경우, 구매기법 기반의 최적화 코드인 DOT나 전역 최적화 코드인 GA코드와 같은 최적도들을 설계에 적용하는 경우, 그리고 해석코드의 결과로 반응면을 구성하여 이를 최적화에 반영하는 시나리오, 설계 결과를 CAD로 확인하는 시나리오 등이 있다. 프레임 워크 설계를 위해 유도무기 설계의 모든 발생 가능한 시나리오를 감안한 통합설계 프레임워크의 시나리오를 작성하였으며 다음 그림 1과 같다(김우현 2005).

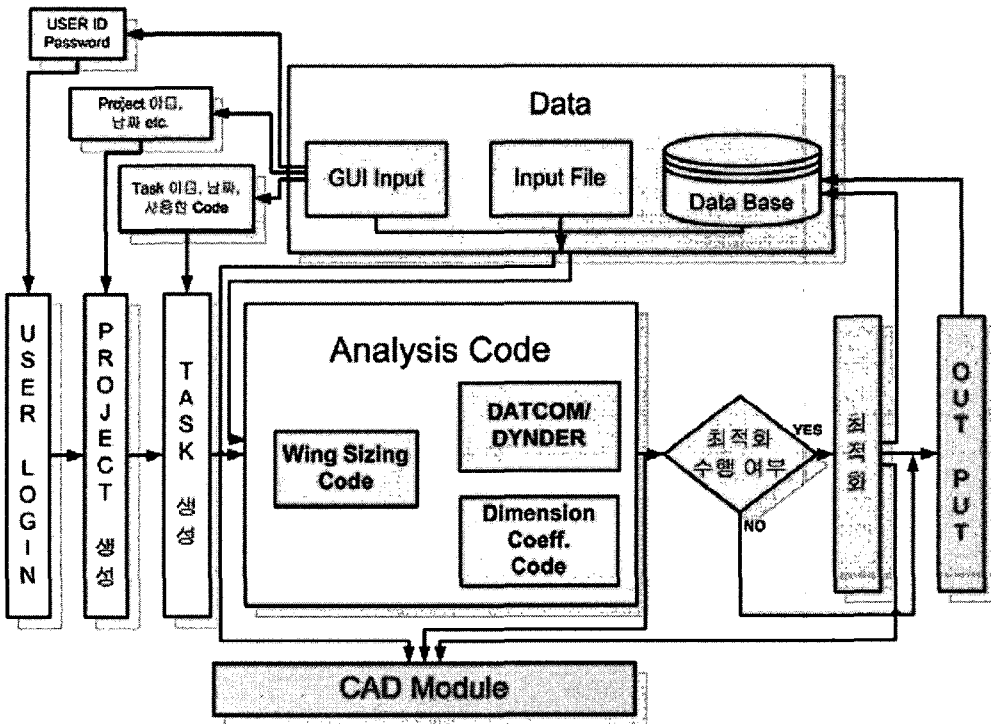


그림 1. 유도무기 설계 프레임워크 사용 시나리오

프레임워크 상에서 사용자는 자신의 계정과 암호를 입력하여 유도무기 프레임워크에 로그인 한 후 설계할 새로운 유도무기의 프로젝트를 생성하거나 기존의 수행했던 프로젝트를 호출한다. 프로젝트 선택 후 프로젝트 내에서 설계 임무를 생성한다. 생성된 Task에서 실제적으로 유도무기 설계 프로세스를 정하여 사용할 해석모델이나 최적화 모듈을 선택한다. Task 생성, 혹은 선택 시 정립한 프로세스에 따라 기본적인 데이터는

Default 값으로서 데이터베이스를 통하여 입력받고 나머지 값은 사용자가 변경을 한다. 이는 지나치게 많은 설계 변수를 사용자가 매번 입력하는 것을 막기 위함이다. 설계 및 해석을 시작하기에 앞서 입력된 값 중 형상데이터는 이를 통해 자동적으로 형상을 구현하도록 설계된 I-DEAS를 통해서 확인을 하고 정확성을 검증할 수 있다. Task 생성 단계에서 최적화 수행을 결정 한 경우 최적화 모듈로 이를 수행하고, 최적화 결과는 DB에 저장한다. 이에 따른 출력 결과 중 형상데이터는 CAD 모듈로 보내 최적화 이전의 유도무기 형상과 비교할 수 있다.

2.2. 유도무기 통합설계 프레임워크 통합 구조

유도무기 통합설계 프레임워크는 6개 모듈로 구성된다. 분산된 자원의 통합을 위해 통합미들웨어(PLinda)를 사용하였고 데이터베이스 시스템은 Oracle 10g(Sun inc)를 사용하였으며 사용자 인터페이스의 개발 언어는 JAVA를 사용하였다. 형상설계 CAD로는 I-DEAS를 선정하였고 최적화 모듈은 구배기반의 DOT(Vanderplaats, C. N. 1999) 전역 최적화 알고리즘 GA 알고리즘을 포함한 GenocopIII(Michalewicz, Z.(1996)를 사용하였으며 해석모듈은 주의 및 무게 사이징 코드, GUI 환경으로 제작된 DATCOM 및 동안 정미계수 산출코드 (DYNSTA) 통합 코드, 차원계수 산출 코드를 사용하였다(이재우 2005). 다음 그림 2는 유도무기 통합설계 프레임워크의 시스템 통합구조도이다(김우현 2005).

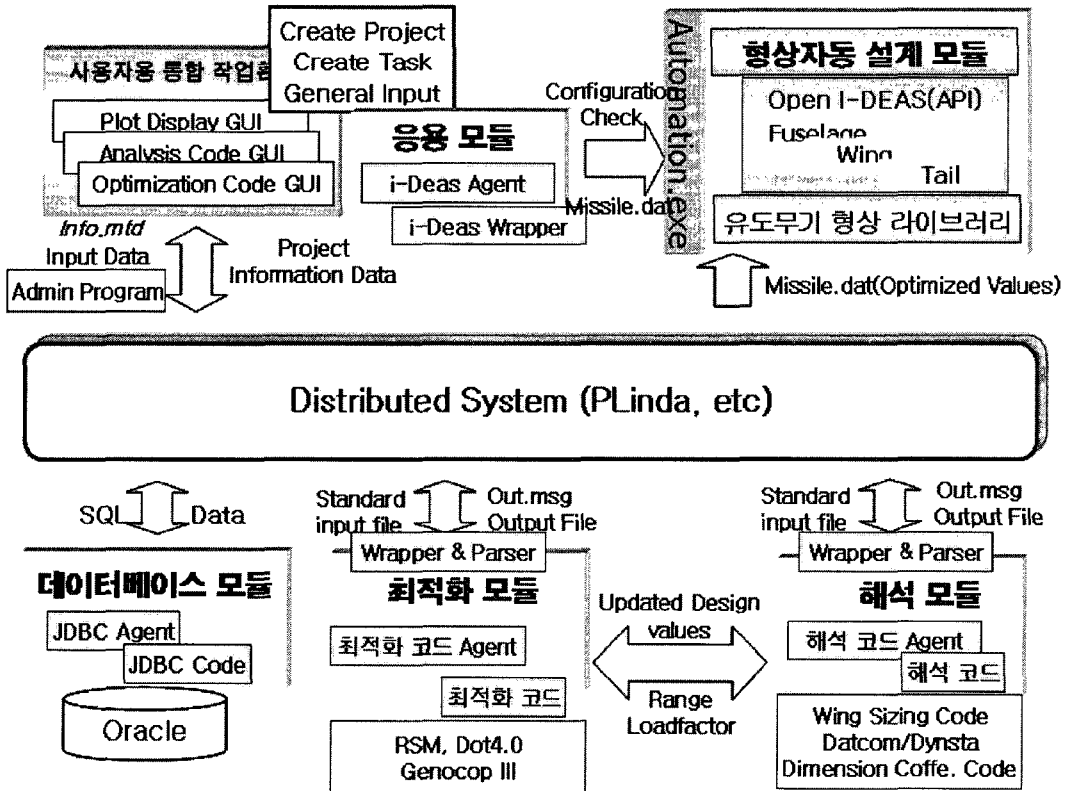


그림 2. 유도무기 통합 설계 프레임워크 시스템 구성도

유도무기 통합설계 프레임워크는 통합설계 미들웨어를 중심으로 각 모듈이 통합을 이루고 있으며 사용자에게 직접 형상정보를 구현해줘야 하는 CAD는 GUI와 직접 통합을 이루고 있다. 단일 컴퓨터상에서 설계/해석을 수행하는 통합설계 프로그램의 경우 DB를 중심에 두고 여기서 데이터를 입출력 하는 것이 가능하였지만, 분산환경을 고려한 프레임워크의 경우에는 본질상 수동적인 DB가 중앙에서 제어권을 가지고 다른 모듈들을 구동시킬 수가 없다. 그렇기에 유도무기 설계 프레임워크는 미들웨어를 사용하였으며, 이는 사용자와 모듈간 사이에서 사용자의 요청에 따른 데이터 흐름을 가지고 분산된 모듈들을 구동시키는 일종의 코디네이터가 된다. 즉 프레임워크의 중앙에는 분산 미들웨어 시스템이 위치하고, 유도무기 설계에 필요한 모듈들을 Agent로 분산 시키는 구조다. 각각의 Agent는 여러 가지 Legacy 프로그램들을 연동시켜 주는 역할을 하게 된다. Agent에는 각 모듈들을 통합시키기 위해 Wrapper와 Parser가 존재하고, Wrapper에 의해 Legacy 프로그램들이 필요로 하는 입력 파일을 만들어 주고, Parser를 통해 다른 Legacy 프로그램이 생성한 결과 파일로부터 해당 프로그램이 명령 수행을 위해 필요한 결과를 선별적으로 얻는 방식으로 각 모듈 간의 통합이 이루어진다. 위에 그림에서 해석, 최적화, GUI, DB 모듈들이 통합설계 미들웨어에 접속하여 작업을 수행하고 있음을 알 수 있다.

사용자용 통합 작업환경(Main GUI)는 필요로 하는 모듈들을 사용할 수 있는 환경을 제공하며, 설계 프로세스의 생성 및 데이터 저장 등을 관리하게 된다. 또한 형상 구현 모듈과 연동되어 설계된 결과를 시뮬레이션 할 수 있도록 지원한다.

CAD 모듈은 OPEN-IDEAS를 이용하여 C++ 로 개발하여 통합된 GUI에 포함되어 있기에 형상구현 단계에서 수집한 변수를 직접 해석모듈에 전달 할 수 있으며 해석 및 최적화에서 받은 결과 값을 이용해 유도무기 자동적으로 형상을 구현 할 수 있다.

3. 유도무기 통합설계 프레임워크 설계

3.1 사용자 인터페이스 설계

유도무기 통합설계 프레임워크의 사용자 인터페이스(GUI)는 JAVA를 이용하여 개발을 하였다.

GUI는 우선 사용자가 쉽게 전체 프레임워크의 구조를 파악할 수 있고, 설계 시 사용이 편리하도록 각각의 설계 항목별로 그룹화 되어 있으며, 설계 최적화 및 각각의 설계 문제별로 해석모듈의 선택과 설계변수의 추출 등의 구성이 용이하도록 적절한 정보를 제공하여야 한다.

GUI 설계에 있어서 작업 창은 설계 항목별로 명확하게 분류하여 전체적인 구조의 파악이 용이하도록 하고, 작업의 편리성을 고려하여 다양한 Plot 및 각 세부 작업 창으로 바로 갈 수 있는 기능을 제공하며, 설계 최적화 및 설계문제의 구성이 GUI에서 모두 처리될 수 있도록 설계하는 것이 보다 효율적이라 판단된다.

유도무기 통합설계 전산 프레임워크의 GUI는 두 가지로 나누어져 있다. Main GUI는 프로젝트의 관리 담당, 설계 시나리오 작성, 해석/최적화 수행, 형상설계 및 설계 결과 확인하는 부분이고 Agent GUI는 Console 환경으로 구현하여 분산 컴포넌트의 등록 및 관리를 하여 컴포넌트의 추가 및 삭제에 유리하게 설계한다. 다음 그림은 유도무기 통합최적화설계를 위한 전산 프레임워크의 메인 GUI 화면이다.

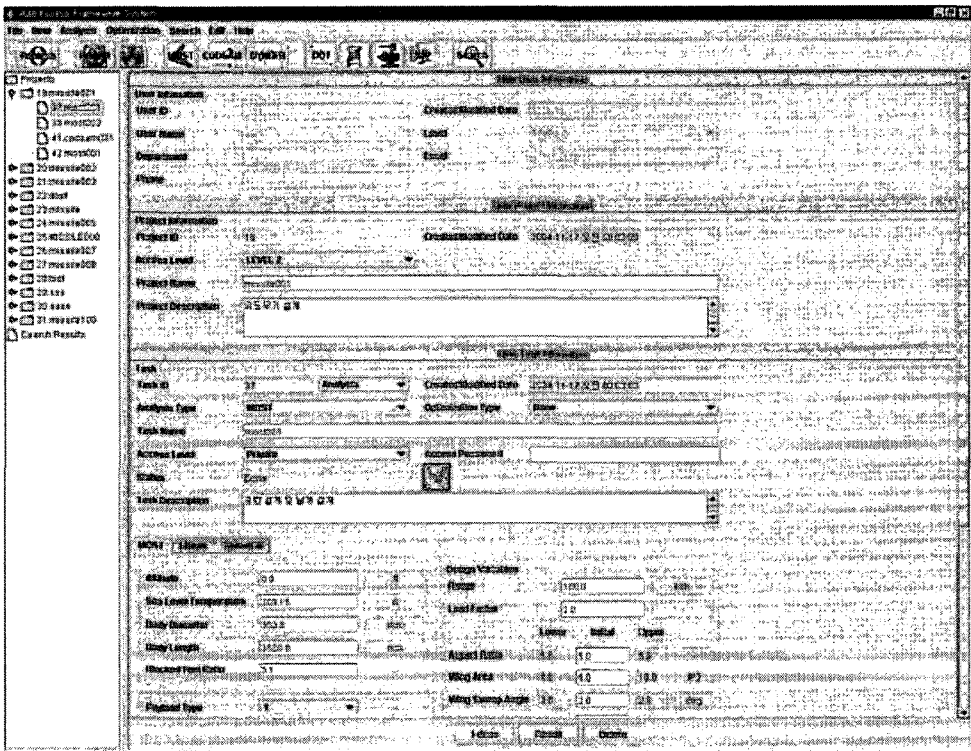


그림 3. 유도무기 통합 설계 프레임워크의 Main GUI

3.2 최적화 프로세스 설계

최적화 프로세스에 대한 시나리오는 그림4와 같다(김우현 2005). 사용자는 해석 자원 Set를 구성하게 된다. 즉 해석에 모든 코드를 사용할지, 아니면 2개, 혹은 단일 코드만을 사용할지를 정하게 되며, 이는 Task 단계에서 결정하게 된다. 최적화 대상, 즉 목적함수와 이에 대한 구속조건을 결정하여 Optimization Formulation을 정의하게 되며, 이때 설계변수들이 지나치게 많은 경우 민감도를 분석하여 적절한 수의 설계변수로 줄인다. 최적화 과정은 크게 반응면을 사용한 최적화와 해석코드를 직접 사용한 최적화로 나누어지며, 반응면을 사용할 경우 JMP(SAS Institute Inc 2002)를 이용하여 근사화 모델을 구성한다. 근사화모델, 혹은 해석자원에 대해서는 GENOCOPIII, DOT등의 최적화 코드를 통해 최적화를 수행한다. 이들의 최적화를 위한 코드들의 통합은 기본적으로 해석코드와 같으며 JMP는 콘솔형 해석 코드가 아니고 타 프로그램과의 자동적인 데이터 교환을 지원하지 않기에 현 단계에선 직접적인 연동은 어려워 데이터의 Copy & Paste를 통한 연결방법을 선택하였다. 최적화 코드의 통합방안은 해석코드의 통합방안과 같으며 최적화 코드에서 해석코드의 실행을 위한 입력파일을 생성한다. 수렴하여 얻은 최적해는 GUI 상에서 종전의 결과와 비교하거나 CAD로 형상을 구현하여 최적화 되지 않은 형상과 비교할 수 있다.

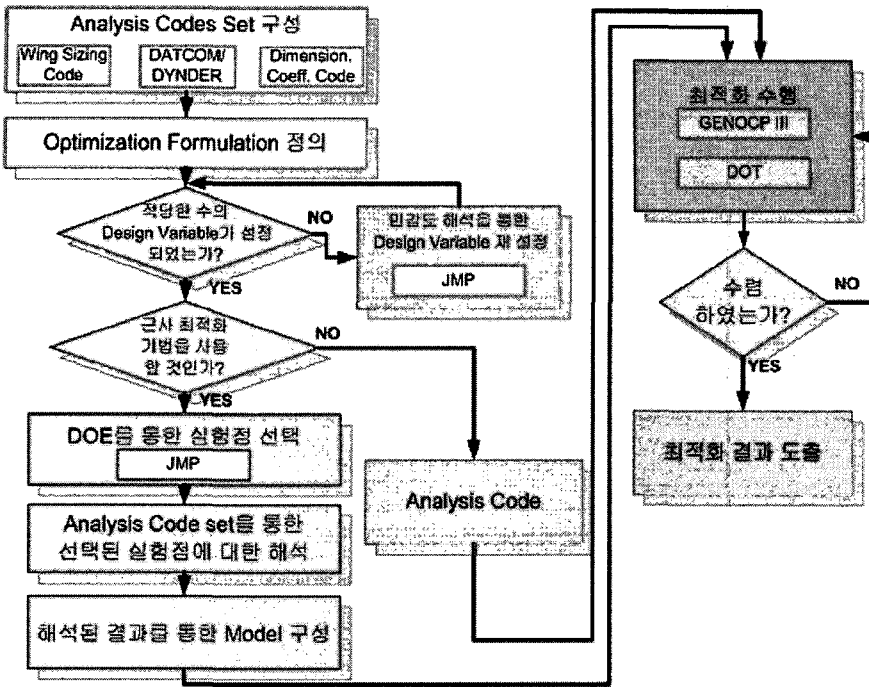


그림 4. 유도 무기프레임워크 최적화 시나리오

위에서 작성한 설계 시나리오의 실제 적용 가능성을 확인하기 위해 실제 해석 및 최적화를 수행하였다. Wing Sizing Code를 사용하는 경우에 대한 최적화 문제를 구성하였으며, 최적화 문제는 직접 최적화 코드와 해석 코드를 연결하지 않고, 해석코드에서 얻은 결과 값으로 반응면을 구성 한 뒤 이 반응면과 최적화 코드를 가지고 최적화를 수행하는 시나리오이다. 최적화 Tool로서 구배기반 최적화 코드인 DOT 4.0을 사용 하였다. 최적화 문제는 Range와 Load Factor 두 가지를 최대화 하는 경우며, 각각의 결과 값을 무차원화 하기 위해 Base line 값을 각각 500 km와 4로 정하였다. 각각의 결과 값을 Base line 값으로 나누어 나오는 무차원화된 값에 대해 Weighting Factor는 동등하게 0.5씩 주었으며 구속조건은 Load Factor가 4.5 이상인 경우로 하였다. 구성된 최적화 문제는 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{목적 함수 : } obj = 0.5 * (Range/500) + 0.5 * (LoadFactor/4), \text{ } obj \text{ 최대화} \\
 & \text{설계 변수 : } 800\text{bf} < Thrust < 1000\text{bf} \\
 & \quad \quad \quad 1200\text{kg} < Gross Weight < 1600\text{kg} \\
 & \quad \quad \quad 4\text{ft}^2 < Wing Area < 6\text{ft}^2 \\
 & \text{구속 조건 : } Load Facotr > 4.5
 \end{aligned}$$

반응면 기법은 기본적으로 2차원식으로 구성된 반응식을 회귀분석을 통해 계수를 찾아내는 기법이며, JMP에서는 각각의 계수를 찾아내준다. 그러나 이 계수는 사용자가 확인만 가능하며 직접 다른 프레임워크와 통

신을 통해 값을 건네주거나, 사용자가 Copy&Paste할 수 있는 기능은 지원하지 않는다. 현재 까지 사용자는 이 계수들을 직접 최적화를 위해 입력할 수밖에 없다. 위 문제의 결과 값을 DOT를 통해 최적해를 찾은 결과는 다음과 같다. 최적해는 SQP(Sequential Quadratic Programming) 기법을 통해 찾았다.

-현재 문제에서 JMP의 반응면 기법에 의해 근사화 된 반응식

$$\text{Range} = T * 4.179 * 10^{(-13)} + W * 448.2897 + S * 5.8136167 + T * W * 1.254 * 10^{(-12)} + T * S * 1.254 * 10^{(-12)} + W * S * 5.4111475 + T * T * 2.684 * 10^{(-12)} + W * W * (-5.385667) + S * S * (-3.269317) + 681.84564$$

$$\text{LF} = T * 0.5392833 + W * (-0.379517) + S * (0.4344889) + T * W * (-0.046617) + T * S * 0.0556333 + W * S * (-0.037058) + T * T * (-0.033606) + W * W * 0.0328611 + S * S * (-0.025022) + 4.5548741$$

-DOT의 결과 값

Range : 1132.72 km
Load Factor : 4.58063
Thrust : -8.50874e-12 (1000lbf)
Gross Weight : 1 (1300kgf)
Wing Area : 1 (7ft²)

여기서 DOT에 사용한 설계 변수들은 JMP에서 사용한 것과 동일한 무차원화된 값이다. 이는 JMP에서 구성된 반응식 역시 무차원화 된 설계 변수를 사용했기 때문이다. 이를 실제 설계 변수로 바꾼 값은 프레임워크 상에서 별도의 변환 과정을 통해 확인해야한다

4. 결론

본 연구에서는 분산환경을 기반으로 유도무기 통합설계 전산프레임워크를 시스템을 설계하고 개발을 하였고 유도무기 설계를 위하여 데이터베이스 시스템을 설계 구축하였다.

유도무기 통합설계 프레임워크는 미들웨어를 중심으로 각 모듈을 통합 하였으며 해석, 최적화, GUI, DB 모듈들은 통합설계 미들웨어에 접속하여 작업을 수행하며 Agent는 각각 분산환경 하에서의 통신 담당, 프로세스의 정의, 데이터 흐름 정의를 담당하였다.

해석코드는 실행프로그램만 제공되어도 쉽게 통합 할 수 있도록 파일 입출력을 이용하여 통합 하였고 유도무기 통합설계 프레임워크 형상설계 부분인 I-DEAS는 사용자에게 직접 형상 정보를 제공하기 위해 분산 미들웨어를 통하지 않고 직접 GUI와 통합하였다.

또한 JMP의 반응면 기법을 사용해 유도무기 해석코드인 Wing Sizing Code의 반응식과 DOT 4.0을 연계 하여 최적화가 가능한지를 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구지원 (과제번호 R01-2006-000-10744-0) 으로 수행 되었으며 연구비를 지원해 주신 한국과학재단에 감사드립니다.

참고문헌

- 이재우 (2005), 이재우 정갑주, 황호연, “유도무기 다학제간 최적설계 기법 연구” 최종보고서 2005년 11월.
- 김우현 (2005), 김우현, 이승진, 김광식(건국대학교), 김민(세종대학교), 이재우, 정갑주(건국대학교), 황호연(세종대학교), 이창혁, 김상호, 황성환(국방과학연구소), “유도무기 통합설계 프레임워크 시스템 개발”, 한국항공우주학회 2005년 추계학술발표회 논문집.
- Sun inc, Oracle 10, Sun inc.
- Vanderplaats, C. N.(1999), Numerical Optimization Techniques for Engineering Design (3rd Edition), VR&D, Inc., Colorado Springs, Co, 1999.
- Michalewicz, Z.(1996), Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer -Verlag, 1996.
- SAS Institute Inc (2002), JMP v5.0, SAS Institute Inc. User Manual (2002).