

멀티 에이전트 기반의 통합 설계 시스템 개발에 관한 연구

이재경*(한국기계연구원), 박성환, 이종원, 한승호, 한형석

Development of a Prototype Integrated Design System Based on Multi-Agent System

J.K Lee(KIMM), S.W. Park, J. W. Lee, S. H. Han, H. S. Han

ABSTRACT

In this paper, a prototype of agent-based engineering system is developed based on the AADE (autonomous agent development environment), a FIPA compliant agent platform. By applying several advanced technologies including software agents, Internet/Web, workflow and database, the developed prototype system is able to successfully fulfill our target of integrating personnel, design activities and engineering resources along a predefined engineering design project (workflow). A software prototype is implemented to integrate various engineering software tools including CAD, structural analysis (FEA), dynamic analysis, fatigue analysis. A wheel-axle-assembly (part of a bogie system) is chosen as a test case for the validation of the prototype system.

Key Words : Integrated design (통합설계), Multi-Agent (멀티 에이전트), FIPA, Workflow (워크플로우)

1. 서론

대부분의 복잡한 공학 설계 문제는 각 설계분야별 디자인 팀간의 협업과 설계 최적화를 위한 각 설계분야별 해석을 담당하는 모듈 간의 통합을 필요로 한다. 에이전트 시스템은 이러한 통합 문제에 있어 가능성 있는 대안으로 사용될 수 있다[1,2]. 에이전트 기술은 각 해석 엔지니어들간의 협업과, 랩퍼를 이용한 기존 해석 소프트웨어 도구의 통합, 각 해석단계에서 설계 지식의 활용을 가능하게 한다[1,5]. 각 해석 모듈을 하나의 에이전트라 하였을 때, 공학적인 설계 및 최적화 문제는 이들 에이전트 간의 상호 작용과 협업을 통하여 공동의 목표, 즉 최적 설계 및 해당 설계의 완성을 달성하는 것으로 표현할 수 있다. 따라서, 다수의 에이전트간의 상호작용과 의사 소통을 위한 멀티 에이전트 개념이 포함된 통합 설계 시스템을 설계할 수 있다.

본 논문에서는 캐나다 NRC-IMTI (National Reserach Council-Integrated Manufacturing Technology Institute) 연구소와 공동으로 멀티 에이전트 기반의 통합 설계 시스템을 설계하고 NRC-IMTI 의 에이전트 구축도구인 AADE(autonomous agent development environment)를 사용하여 프로토타입 시스템을 구현하고, 이를 철도차량의 Wheel-Axle 설계문제에 적

용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 멀티 에이전트와 관련된 기존 연구 내용을 소개하며 3 장에서는 설계된 통합 설계 시스템을 설명하며 4 장에서는 프로토타입 시스템과 적용예를 5 장에서 결론 및 향후 연구방향을 기술한다.

2. 에이전트 응용기술 동향

2.1 멀티 에이전트

에이전트(agent)는 인공지능 분야에서 시작되어 다양한 분야로 응용범위가 확대되어 왔으며, 각각 서로 다른 정의와 개념을 사용하고 있다. 간단히 정의하면 에이전트는 자신의 감각기관(sensor)을 통해 환경(environments)을 인지(percept)하여 작용기(effectors)를 통해 그 환경에 대해 반응(action)하는 시스템을 말한다[3].

에이전트는 크게 반응(reactive)시스템과 인지(cognitive)시스템으로 분류할 수 있으며, 이 양단의 사이에 여러 시스템이 가능하다. 반응시스템은 외부 자극을 받아 반응만 하며 통신은 안하는 시스템이며, 인지시스템 환경에 대한 내부 모델, 전문성, 추론, 통신 등을 포함한다.

복잡한 문제 해결을 위해서는 여러 에이전트들

이 서로 협력하여 동작하는 멀티 에이전트(Multi-Agent) 시스템이 효과적이며, 독립적인 응용 프로그램의 집합으로는 해결할 수 없는 보다 복잡한 서비스를 다른 에이전트와의 협력을 통해 제공할 수 있고, 새로운 에이전트를 추가하여 새로운 서비스에 대한 시스템의 확장이 용이하다는 장점을 제공한다. 멀티 에이전트 시스템에 관련한 국제 표준화 단체로는 1996 년에 설립된 FIPA(Foundation of Physical Agent)가 있으며, 이를 준수하는 시스템 간에는 연동이 가능하다[4]. 현재 에이전트 구축도구로는 JADE, FIPA-OS, ZEUS 등이 널리 쓰이고 있다. 본 논문에서는 NRC-IMTI 의 AADE[6]를 사용하였으며, Table 1 에서 각 에이전트 구축도구를 비교하였다.

	FIPA-OS	JADE	AADE
Developer	Nortel Networks	TILAB	NRC-IMTI
History	April 2002 v.2.2	July 2004 v. 3.2	Jan. 2004
License	Free	LGPL	Commercial
Standard	FIPA-compliant	FIPA-compliant	Partially FIPA
Communication	FIPA ACL, FIPA SL	FIPAACL, FIPA SL	Subset of FIPAACL
Message Transport	IIOF, RMI	IIOF, RMI, HTTP	TCP/IP Socket
Platform	JAVA2	JAVA2	JAVA2

Table 1 Comparison of agent library(platform)

2.2 관련 연구

에이전트 기반 통합 설계에 대한 연구는 설계에 참여하는 각 엔지니어간의 협업, 기존 공학 소프트웨어와의 연동성, 설계지식의 지능화 측면에서 진행되어 왔다. 멀티 에이전트 시스템을 설계문제에 적용한 연구에 대하여는 Shen[1], Wang[5]이 PACT, SHARE, DIDE, Co-Designer 등을 소개하였다. 국내에서는 구분석[2], 이상욱[7]이 설계문제에 에이전트 개념을 적용시켰다.

3. 통합 설계 시스템의 설계

본 논문에서는 통합 설계 문제를 설계에 참여하는 디자인 팀간(예를 들면, 구조해석, 동역학, 피로해석, CAD)의 협업문제로 정의하였다. 각 디자인 팀을 독립적인 해석을 수행하는 하나의 단위로 하여 단위 에이전트로 정의하고, 이들 에이전트 간의 상호 작용과 협업을 통하여 공동의 목표, 즉 최적 설계 및 해당 설계의 완성을 달성하는 것으로 표현

할 수 있다. 따라서, 다수의 에이전트간의 상호작용과 의사 소통을 위한 멀티 에이전트 개념을 기반으로 통합 설계 시스템을 Fig. 1 과 같이 설계하였다.

시스템 요구사항은 다음과 같다.

- 시스템의 확장이 용이하며 개방적이고 체계적인 시스템 서비스를 제공하여야 한다.
- 추후 신속한 수정, 보완이 가능한 형태의 재사용이 가능한 소프트웨어 모듈 구조 및 시스템 구조를 가져야 한다.
- 설계에 사용되는 각종 공학 소프트웨어를 시스템에서 쉽게 연동할 수 있는 인터페이스를 제공해야 한다.
- 시스템의 안전성 및 효율을 고려하여 일부 시스템의 기능저하나 시스템 오류가 전체 시스템을 중지시켜서는 안된다.

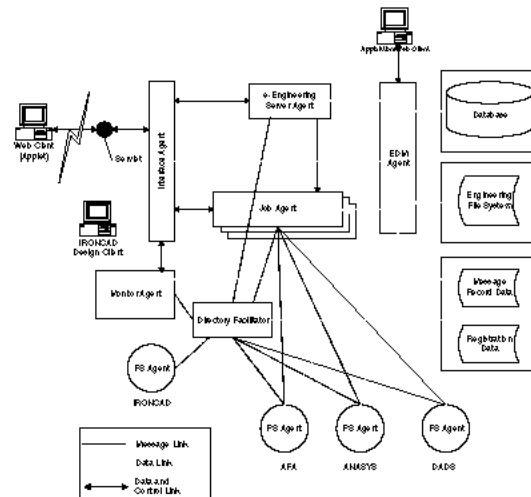


Fig. 1 System architecture

시스템 기능은 프로젝트 생성/관리, 사용자 관리, 워크플로우 처리, 공학 데이터 관리, 기존 공학 소프트웨어와의 연동기능 등이 있으며, 시스템을 구성하는 에이전트는 다음과 같다.

• ES(Engineering Server) 에이전트

인터페이스 에이전트와 연동하여 설계 프로젝트 생성/관리를 담당하며, 사용자의 요청에 따라 Job 에이전트를 생성하고 시스템의 전체적인 조정 및 관리를 수행한다. 또한, EDM 에이전트를 통하여 프로젝트 데이터, 작업정보 데이터 등을 관리한다.

• EDM(Engineering Data Management) 에이전트

DBMS 와 파일 시스템에 저장된 공학 데이터 및 시스템 데이터, 프로젝트 데이터를 관리하며, 다른 에이전트로부터의 데이터 요청을 처리한다.

• Job 에이전트

ES 에이전트가 프로젝트 정보를 바탕으로 생성하며, 프로젝트 워크플로우에 따라 각 디자인(해석

모듈)별 에이전트를 DF 에이전트를 통해 찾고 해당 작업을 수행시킨다.

- DF(Directory Facilitator) 에이전트

모든 에이전트들에 대한 등록정보와 에이전트 상태 정보를 유지하며, 에이전트에 대한 디렉토리 서비스 기능을 제공한다.

- PS(Problem Solving) 에이전트

사용자가 정의한 해석을 수행하는 단위 에이전트이며, 기존 공학 소프트웨어와 연동을 담당하는 wrapper 를 통하여 작업을 수행한다.

- Monitoring 에이전트

사용자에게 현재 시스템의 상태와 각 에이전트별 상태를 제공한다.

- 인터페이스 에이전트

웹 기반 사용자 인터페이스를 제공하며, 사용자의 각종 작업요구를 ES 에이전트에 전달하며, Monitoring 에이전트와 Job 에이전트와의 통신을 통하여 사용자에게 프로젝트 진행 정보와 시스템 상태 정보를 제공한다.

Fig. 2 는 각 에이전트간의 상호작용 시나리오를 나타낸다. 사용자는 설계 프로젝트를 정의한 후, 인터페이스 에이전트를 이용하여 ES 에이전트에게 작업을 요청한다. ES 에이전트는 프로젝트 정보를 바탕으로 Job 에이전트를 생성하고, Job 에이전트는 워크플로우에 따라 각 설계에 필요한 데이터를 EDM 에이전트로부터 데이터를 전달 받아 PS 에이전트에 해당 작업을 요청한다. PS 에이전트는 wrapper 를 이용하여 공학 소프트웨어를 이용한 해석 작업을 수행한다. PS 에이전트가 실행을 마치면 Job 에이전트는 워크플로우의 다음 PS 에이전트에게 작업 요청을 하여 이와 같은 반복작업을 거쳐 설계 프로젝트를 마치게 된다.

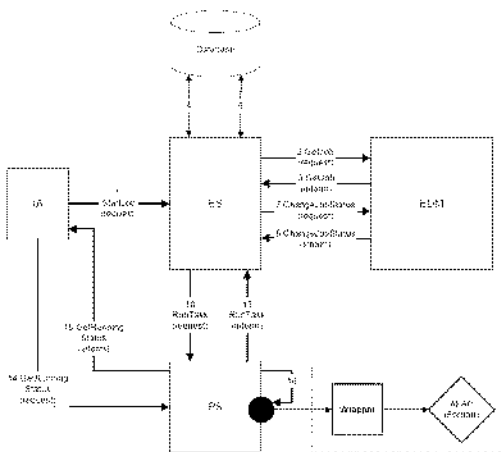


Fig. 2 Interaction scenario between agents

4. 프로토타입 시스템 개발 및 적용

4.1 프로토타입 통합 설계 시스템 개발

프로토타입 시스템의 플랫폼은 Windows 2000/XP, Sun Solaris 가 사용되었고, 주 개발언어는 Java 이며 기존 공학 소프트웨어와의 통합을 위해 Visual Basic, C/C++가 사용되었다. 에이전트는 AADE 를 기반으로 개발되었다. EDM 에이전트의 데이터 처리는 MySQL DBMS 와 FTP 를 이용하였다. 웹 기반 사용자 인터페이스를 제공하기 위해 Apache 와 Tomcat 이 사용되었다. 에이전트 간의 통신은 FIPA ACL(Agent Communication Language), Request 프로토콜이 사용되었으며, content language 는 제한된 의미의 명령어만이 사용되었다.

4.2 Wheel-Axle Assembly 설계 문제 적용

국내 R 사 전동차 중에서 EMU T-car bogie Axle 을 설계대상으로 선정하여, 전동차의 운행조건과 제동조건을 설계하중 조건으로 Wheel-axle assembly 의 축 강도와 피로강도를 평가하는 문제를 대상으로 프로토타입 시스템을 적용하였다. 설계변수로는 중공축의 중공율과 axle 의 직경이 사용되었으며 이를 바탕으로 설계피로수명과 강도안전성 여부를 평가한다. Fig. 3 은 axle 에 작용하는 하중성분을 나타낸다.

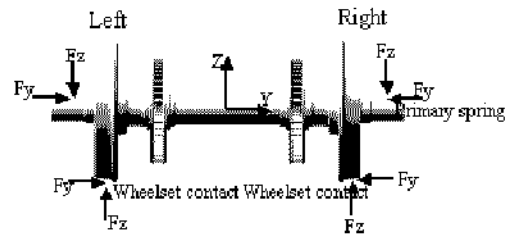


Fig. 3 Dynamic load components of axle

대상 문제는 다음과 같은 네 개의 해석모듈, 즉 4 개의 PS 에이전트로 이루어져 있다. Axle 의 형상을 정의하고 형상파일을 얻기 위한 CAD 모듈, 강체동역학 해석을 통한 하중형태별, 위치별 하중 스펙트럼을 계산하기 위한 DYN 모듈, CAD 형상파일을 직접 활용, 설계하중에 대한 유한요소 구조해석을 수행하고 최대응력 크기 및 위치를 계산하기 위한 STR 모듈, 스트레스 스펙트럼 및 응력집중계수 산정을 통한 피로수명을 계산하는 FAT 모듈로 구성된다. Fig. 4 은 대상 문제의 워크플로우와 각 모듈에서 사용된 해석 소프트웨어를 나타낸다. Fig. 5 는 프로토타입 시스템의 사용자 인터페이스이며 사용자는 웹 브라우저를 이용하여 시스템을 사용한다.

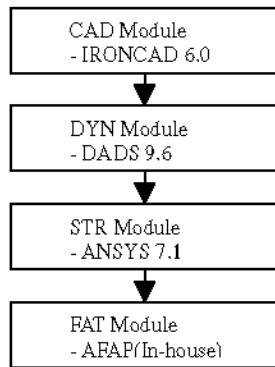


Fig. 4 Workflow and S/W in each module

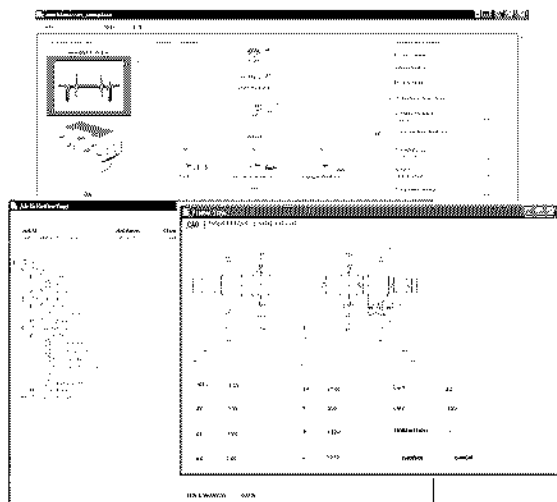


Fig. 5 Screen shot of user interface

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 멀티 에이전트 기반의 통합 설계 시스템을 설계하고 프로토타입 시스템을 개발하였다. 통합 설계 문제를 설계에 참여하는 해석 분야별 전문가들의 협업과 이들간의 효율적인 정보교환 및 통합을 중심으로 표현하였으며, 실제 설계 프로젝트가 생성되어 워크플로우별로 각 해석 분야가 적용되는 방식으로 시스템을 설계하였다.

프로토타입 시스템을 이용하여 Wheel-axle 문제를 적용시켜 본 결과 기존 상용 통합도구와 비교하였을 때 시스템 유연성과 확장성이 우수하며, 시스템의 오류에도 잘 견딜 수 있다는 것이 확인되었다.

프로토타입 시스템에서는 에이전트 시스템이 가질 수 있는 다른 장점들(예를 들면 각 디자인 팀간의 협업, 설계 지식의 지능화 및 활용)을 살리지 못하여 분산된 이기종 프로세스의 통합 및 데이터 통합이 중심이 되었다. 또한, 개발된 프로토타입 시스템은 FIPA 표준을 준수하나 제한적인 ACL의 사용

과 Ontology 사용에서 제한점이 있는 에이전트 구축도구를 사용하여 멀티 에이전트의 장점을 살리지 못하였다. 따라서, 향후 개발되는 시스템은 앞서 명시한 제한점이 없는 에이전트 구축도구를 이용하여, 디자인 팀간의 협업 문제와 설계 정보 및 전문가의 경험적 지식의 활용 측면에서 개발하고자 한다.

참고문헌

1. Shen, W., Norrie, D. H. and Barthes, J. P., "Multi-Agent Systems for Concurrent Intelligent Design and Manufacturing", Taylor and Francis, London, UK, 2001.
2. 구본석, 이수홍, "ADE: 공학 에이전트 개발 환경", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 8 권, 제 1 호, pp. 55-63, 2003.
3. 최중민, "에이전트의 개요와 연구방향", 한국정보과학회지, 제 15 권, 제 3 호, pp. 7-16, 1997.
4. <http://www.fipa.org/>
5. Wang, L., Shen, W., Xie, H., Neelamkavil, J. and Pardasani, A., "Collaborative Conceptual Design: A State-of-the-Art Survey", CAD, Vol. 34, pp. 981-996, 2002.
6. Hao, Q., Shen, W., Park, S. W., Lee, J. K., Zhang, Z. and Shin, B. C., "An Agent-Based e-Engineering Services Framework for Engineering Design and Optimization," Proc. 17th International Conference on Industrial and Engineering Application of AI and Expert Systems, 2004.
7. 이상욱, 이규열, "에이전트 기반의 시스템 통합을 위한 에이전트 기본 아키텍처에 관한 연구", 대한조선학회 논문집, 제 36 권, 제 3 호, pp. 93-106, 1999.