

◆특집◆ 지능형 설계 기술

멀티 에이전트 기반의 통합설계 시스템 개발

이재경*, 박성환**, 이종원**, 한승호**, 한형석***

Development of an Integrated Design System Based on Multi-Agent

Jai-Kyung Lee*, Seong-Whan Park**, Jong-Won Lee**, Seung-Ho Han**, Hyung-Suk Han***

Key Words: Integrated Design (통합설계), Multi-Agent (멀티 에이전트), FIPA, Workflow (업무흐름)

1. 서론

대부분의 공학분야에서는 설계 및 해석을 담당하는 부서간의 협업이 요구되는데, 이 과정에서 각 담당 분야에서 사용하고 있는 도구 또는 모듈간의 통합은 필수적이라 할 수 있다. 이러한 실무자 상호간의 협업 및 통합의 필요성에도 불구하고, 이의 구현은 아직까지 어려운 문제로 부각되고 있다. 현재까지 개발된 틀은 주로 해석모듈 간의 업무 자동화(Process Integration)을 위한 것이 대부분이다. 이는 랩퍼를 이용한 기존 해석 소프트웨어간의 입.출력 데이터 교환이 주 기능으로서 복잡한 공학문제 특히 설계지식의 활용을 위한 지능화된 시스템은 고려되지 않고 있다. 또한, 업무변화에 따른 시스템 변경이 어렵고 시스템의 일부가 작동하지 않을 경우 작업이 진행되지 않는다는 결점을 갖고 있다.

에이전트 기반 시스템은 이러한 문제에 있어 가능성 있는 대안으로 사용될 수 있다. 에이전트 기술은 각 해석 엔지니어들간의 협업과, 랩퍼를 이용한 기존 해석 소프트웨어 도구의 통합을 통해

여 해석단계에서 설계지식의 활용을 가능하게 한다.^{1,2} 에이전트 기반 시스템은 업무변화에 따른 시스템 변경이 쉬운 동적인 시스템이며, 시스템의 일부가 작동하지 않을 시 다른 경로로 대체하여 계속 진행될 수 있는 장점을 제공한다. 각 해석 모듈을 하나의 에이전트라 하였을 때 설계 문제는 이들 에이전트 간의 상호작용과 협업을 통하여 해결할 수 있다.

본 논문에서는 다수의 에이전트간 상호작용과 의사소통을 위한 멀티 에이전트 개념을 실무 설계에 적용하여 기존의 프로세스 자동화 통합도구와 비교, 분석하였다. 멀티 에이전트 기반 통합설계 시스템의 설계는 캐나다 NRC-IMTI (National Research Council-Integrated Manufacturing Technology Institute)의 멀티 에이전트 구축도구인 AADE (Autonomous Agent Development Environment)를 활용한 공동연구로 이루어졌으며, 이를 통해 멀티 에이전트 통합설계 프로토타입 시스템을 구현하였다.

2. 에이전트 응용기술 동향

2.1 멀티 에이전트

에이전트는 인공지능 분야에서 시작되어 다양한 분야로 응용범위가 확대되어 왔으며 각 응용분야별로 서로 다른 정의와 개념을 사용하고 있다. 간단히 정의하면 에이전트는 자신의 감각기관(sensor)을 통해 환경(environments)을 인지(percept)

* 한국기계연구원 구조연구부

Tel. 042-868-7645, Fax. 042-868-7814

Email jkleece@kimm.re.kr

설계 및 생산 시스템 특히, 시스템의 지능화, 자동화, 개방화 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

** 한국기계연구원 구조연구부

*** 한국기계연구원 첨단산업기술연구부

하여 작용기(effectors)를 통해 그 환경에 대해 반응(action)하는 시스템을 말한다.¹ 에이전트는 크게 반응(reactive)시스템과 인지(cognitive)시스템으로 분류할 수 있다. 반응시스템은 외부 자극을 받아 반응만 하며 외부와의 통신은 없는 구조를 갖고 있고 이에 대하여 인지시스템은 환경에 대한 내부 모델, 전문성, 추론, 통신 등을 포함한다.

복잡한 문제 해결을 위해서는 여러 에이전트들이 서로 협력하여 동작하는 멀티 에이전트(Multi-Agent) 시스템이 효과적이다. 특히 독립적인 응용 프로그램의 집합으로는 해결할 수 없는 복잡한 서비스를 다른 에이전트와의 협력을 통해 제공할 수 있고 새로운 에이전트를 추가하여 새로운 서비스에 대한 시스템의 확장이 용이하다는 장점이 있다. 멀티 에이전트 국제 표준화 단체인 FIPA(Foundation of Physical Agent)가 멀티 에이전트 시스템간의 상호연동성에 대한 표준을 주도하고 있으며 이를 준수하는 시스템 간에는 연동이 가능한 것으로 알려져 있다.³ 멀티 에이전트 구축도구로는 JADE, FIPA-OS 등이 사용되며 본 논문에서는 조속한 프로토타입 시스템 구현을 위하여 기능이 제한적이거나 타 도구보다는 간단한 구조를 가진 NRC-IMTI의 AADE⁴를 사용하였다. 전문한 에이전트 구축도구를 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Comparison of multi-agent library(platform)

	FIPA-OS	JADE	AADE
Developer	Emorphia	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	FIPA ACL, FIPA SL	Subset of FIPA ACL
Message Transport	IIOP, RMI	IIOP, RMI, HTTP	TCP/IP Socket
Platform	JAVA2	JAVA2	JAVA2

2.2 관련 연구

멀티 에이전트 개념을 설계에 적용한 연구는 설계에 참여하는 각 엔지니어간의 협업, 기존 공

학 소프트웨어와의 연동성, 설계지식의 지능화 측면에서 진행되어 왔다. Lander⁵, Wang⁶이 PACT, SHARE, DIDE, Co-Designer, A-Designer 등 관련 연구에 관한 사례를 소개하였다.

3. 시스템 설계

3.1 시스템 아키텍처

본 논문에서는 설계문제를 설계에 참여하는 디자인 팀간(예를 들면, CAD, 구조해석, 동역학, 피로해석)의 협업 문제로 정의하였다. 각 디자인 팀을 독립적인 해석을 수행하는 하나의 단위로 하여 단위 에이전트로 정의하고 단위 에이전트로 이루어진 업무흐름을 관리할 수 있는 시스템을 제안하였다. Fig. 1은 다수의 에이전트간의 상호작용과 의사소통을 위한 멀티 에이전트 개념을 적용한 시스템의 구성도이다.

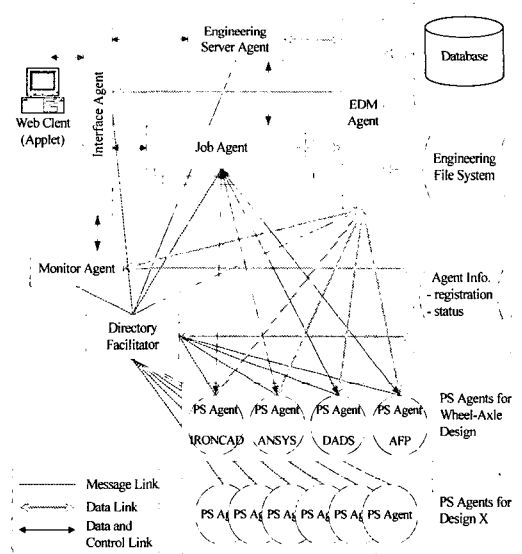


Fig. 1 System architecture

시스템 요구사항은 다음과 같다.

- 시스템 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 시

시스템에서 쉽게 연동할 수 있는 인터페이스를 제공해야 한다.

- 시스템의 안전성 및 효율을 고려하여 일부 시스템의 기능 저하나 시스템 오류가 전체 시스템에 영향이 없어야 한다.

3.2 시스템 구성 에이전트

시스템 기능은 프로젝트 생성/관리, 사용자 관리, 업무흐름(Workflow) 처리, 공학 데이터 관리, 기존 공학 소프트웨어와의 연동기능 등이 있으며, 이를 담당하는 에이전트는 다음과 같다.

- ES(Engineering Server) 에이전트

인터페이스 에이전트와 연동하여 프로젝트 생성/관리를 담당하며 사용자 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, 시스템 데이터 및 프로젝트 데이터를 관리하며 다른 에이전트로부터의 데이터 요청을 처리한다.

- Job 에이전트

ES 에이전트가 프로젝트 정보를 이용하여 생성하며 프로젝트 업무흐름에 따라 각 디자인(해석 모듈)별 에이전트 즉 PS 에이전트를 DF 에이전트를 통해 찾고 해당 작업을 수행시킨다. 동일한 해석기능을 가진 복수의 PS 에이전트가 있다면 해석을 수행하지 않거나 반응시간이 빠른 PS 에이전트를 선택한다.

- DF(Directory Facilitator) 에이전트

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

- PS(Problem Solving) 에이전트

사용자가 정의한 해석을 수행하는 단위 에이전트이며 기존 공학 소프트웨어와 연동을 담당하는 래퍼를 통하여 작업을 수행한다.

- Monitoring 에이전트

사용자에게 시스템 상태와 각 에이전트별 상태 및 프로젝트 진행 정보를 제공한다.

- Interface 에이전트

웹 기반 사용자 인터페이스를 제공하며 사용자의 작업요구를 ES 에이전트에 전달하고 Monitoring 에이전트와의 통신을 통하여 사용자에게

개 프로젝트 진행 정보 및 시스템 상태 정보를 제공한다.

3.3 PS 에이전트의 설계

공학 설계/해석 업무를 담당하는 전문가를 PS 에이전트로 표현하였으며 Fig. 2 는 PS 에이전트의 구조이다. PS 에이전트는 외부 에이전트와의 통신을 처리하는 Communication Interface 모듈, 에이전트간 지식을 공유하는데 필요한 온톨로지(Ontology)를 관리하는 Ontology Management 모듈, 멀티 에이전트 시스템에 참여/탈퇴 및 자체 에이전트 관리 기능을 담당하는 Agent Management 모듈, 외부 에이전트 정보와 고유의 설계/해석 지식을 저장하는 Local KB(Knowledge Base) 모듈로 구성된다.

PS 에이전트는 Job 에이전트의 해당 설계/해석 업무 요청을 받아 Local KB(Knowledge Base)에서 설계/해석 지식을 추출하여 공학 소프트웨어를 실행하여 업무를 수행한다. 공학 소프트웨어의 실행을 위해서는 PS 에이전트와의 연동이 필요하며 이는 본 논문에서 개발한 PSWrapper 라는 소프트웨어 래핑 기법으로 구현되었다. PSWrapper 는 해석과정에 필요한 입-출력 데이터를 XML 데이터로 제공 받아 공학 소프트웨어를 구동시키고 실행상태를 모니터링 할 수 있다.

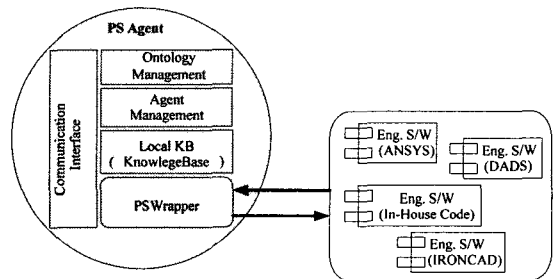


Fig. 2 Structure of PS Agent

3.4 시스템 운영 시나리오

시스템 운영 시나리오는 다음과 같다. 사용자는 설계 프로젝트를 정의한 후 인터페이스 에이전트를 이용하여 ES 에이전트에게 작업을 요청한다. ES 에이전트는 프로젝트 정보를 바탕으로 Job 에이전트를 생성하고 Job 에이전트는 업무흐름에 따라 각 설계에 필요한 데이터를 EDM 에이전트로

부터 전달 받아 PS 에이전트에 해당 작업을 요청한다. PS 에이전트는 PSWrapper 를 이용하여 공학 소프트웨어를 이용한 해석작업을 수행한다. PS 에이전트가 실행을 마치면 Job 에이전트는 다음 PS 에이전트에게 작업 요청을 하며 정의된 업무흐름에 따라 설계 프로젝트를 마치게 된다. Fig. 3 은 Job, EDM, PS 에이전트간의 상호작용 시나리오를 나타낸다.

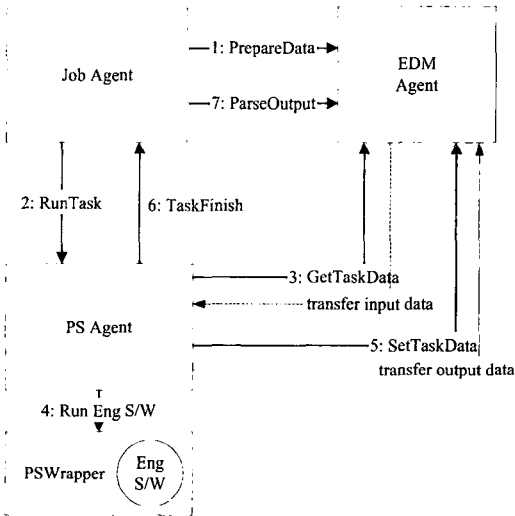


Fig. 3 Interaction scenario between agents

4. 프로토타입 시스템 개발 및 적용

4.1 시스템 개발 환경

프로토타입 시스템의 플랫폼의 OS 는 Windows 2000/XP 및 Sun Solaris 이고 주 개발언어는 Java 이며 기존 공학 소프트웨어와의 통합을 위해 C/C++, Visual Basic 이 사용되었다. 멀티 에이전트구축도구는 NRC-IMTI 의 AADE 가 활용되었다. EDM 에이전트의 데이터 처리를 위하여 MySQL DBMS 와 FTP 가 이용되었고 웹 기반 사용자 인터페이스를 제공하기 위해 Apache 와 Tomcat 이 사용되었다. 에이전트 간의 통신은 FIPA ACL(Agent Communication Language)과 FIPA Request 프로토콜로 이루어졌다.

4.2 윤축(Wheel Set) 설계 문제 적용

국내 R 사 전동차 중에서 EMU T-car Bogie 를

대상으로 선정하여, 전동차의 운행조건과 제동조건을 고려한 하중조건으로 윤축의 축 강도와 피로 강도의 계산을 통해 윤축 형상을 결정하는 설계문제를 프로토타입 시스템에 적용하였다. 설계변수로는 차축(axle)의 외경과 내경(중공축)이 사용되었으며 이를 바탕으로 피로수명과 강도안전성 여부를 평가한다. Fig. 4 는 차축에 작용하는 하중성분을 나타낸다.

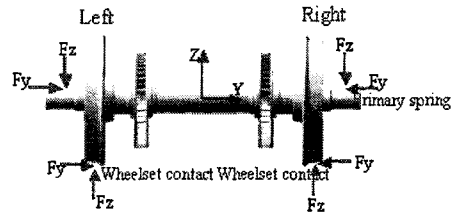


Fig. 4 Dynamic load components of wheel set

시스템은 다음과 같은 네 개의 해석모듈, 즉 4 개의 PS 에이전트로 이루어져 있다. 차축 형상을 정의하고 형상파일을 얻기 위한 CAD 모듈, 강제동역학 해석을 통한 하중형태별, 위치별 하중 스펙트럼을 계산하기 위한 DYN 모듈, CAD 형상파일을 직접 활용, 설계하중에 대한 구조해석을 수행하고 최대응력 크기 및 위치를 계산하기 위한 STR 모듈, 스트레스 스펙트럼 및 응력집중계수 산정을 통한 피로수명을 계산하는 FAT 모듈로 구성된다. Fig. 5 는 업무흐름과 각 모듈에서 사용된 해석 소프트웨어를 나타낸다. Fig. 6 은 프로토타입 시스템의 웹 기반 사용자 인터페이스이다.

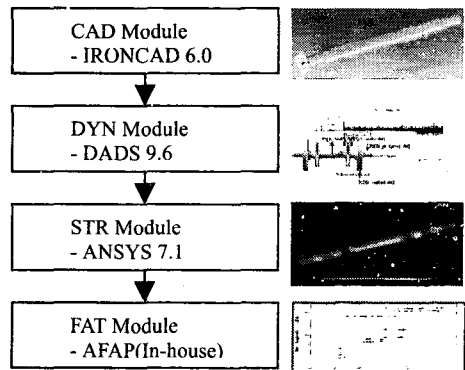


Fig. 5 Workflow and S/W in each module

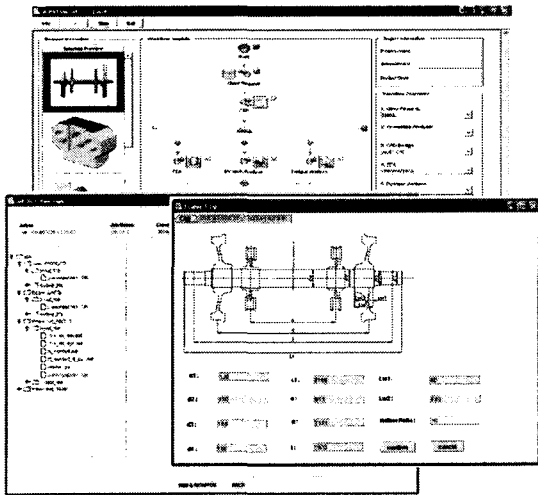


Fig. 6 Screen shot of user interface

4.3 기존 도구와의 비교

기존 프로세스 자동화 상용도구 중 대표적인 P 사의 제품을 이용하여 윤축 설계문제에 적용하였으며, 이를 본 연구에서 제시한 멀티 에이전트 기반 프로토타입 시스템과 비교, 분석하였다. 맵핑 도구를 활용한 엔지니어링 소프트웨어의 입-출력 자료 관리와 정해진 업무흐름의 자동화 기능에 대해서 프로토타입 시스템과 프로세스 자동화 상용도구를 활용한 두 경우 모두 충족된 결과를 보여주었다. 그러나, 시스템의 활용과 효율성 측면에서는 서로 많은 차이를 보인다. 기존 프로세스 자동화 상용도구를 활용한 경우, 업무흐름에 따라 해석모듈 위치가 미리 결정되어야 하기 때문에, 실행시 해석모듈이 결정되는 프로토타입 시스템과 비교하여, 시스템 일부의 장애가 전체 시스템에 영향을 미치고 서로 비슷한 기능의 공학 소프트웨어가 다수 존재하더라도 이의 효율적 활용에 어려운 점이 있다. 또한, 업무흐름의 변경에 따른 해석 모듈의 침식에 있어서도 기존 상용도구에서는 복잡한 시스템 변경에 따른 시간 및 비용 증가가 뒤따른다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 멀티 에이전트 기반의 통합설계 시스템을 제안하고 프로토타입 시스템을 개발

하였다. 설계 문제를 설계에 참여하는 해석 분야별 전문가들의 협업과 이들간의 효율적인 정보교환 및 통합을 중심으로 표현하였으며 설계 프로젝트가 생성되어 업무흐름 별로 각 해석 분야가 적용되는 방식으로 시스템을 설계하였다.

프로토타입 시스템을 이용하여 윤축 설계 문제를 적용시켜 본 결과 기존 프로세스 자동화 상용도구와 비교하였을 때 시스템 유연성과 확장성이 우수하며 시스템의 오류에도 잘 견딜 수 있다는 것이 확인되었다.

본 연구에서 제시한 프로토타입 시스템에서 설계지식의 지능화 부분은 아직까지 충족하지 못한 상태이고 활용된 에이전트 구축도구도 ACL 및 온톨로지 사용에 제한이 따르고 있다. 현재 개선된 에이전트 구축도구를 적용하고 있으며 이를 통해 향후 디자인 팀간의 협업 문제와 설계정보 및 전문가의 경험적 지식의 활용이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Shen, W., Norrie, D. H. and Barthes, J. P., "Multi-Agent Systems for Concurrent Intelligent Design and Manufacturing," Taylor and Francis, pp.37-48, 2001.
2. Gu, B. S., Lee, S. H., "ADE: Agent Development Environment for Engineering," Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 8, No. 1, pp.55-63, 2003.
3. <http://www.fipa.org/>
4. 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.
5. Lander, S.E., "Issues in Multi-Agent Design Systems," IEEE Expert, Vol. 12, No. 2, pp.18-26, 1997.
6. 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.