원격공동설계 시스템 구축을 위한 에이전트 기반 접근 및 사례기반 의사충돌 해결

이경호* · 이규열**

요 약

최근 기업의 생산성 향상을 위한 설계 및 생산 환경의 분산화에 따른 원격지 공동설계의 필요성이 증대되고 있다. 마찬가지로 선박설계 과정도 그 과정이 매우 복잡하고 많은 양의 데이터를 다루고 있는 작업으로서 그 환경이 분산화, 이질화됨에 따라 최근 들어 CSCW (Computer Supported Collaborative Work)의 요구가 증대되고 있다. 본 논문에서는 분산된 선박설계 환경에서의 원격지 공동설계를 지원하기 위한 에이전트 기반 선박설계 시스템을 개발하였다. 특히 여기서는 에이전트간의 정보교환 및 지식공유 과정에서 발생하는 의사충돌 문제를 해결하기 위하여 사례기반 추론 기법을 이용하여 이의 해결을 시도하였다. 설계 에이전트, 이들을 중재하는 퍼실리테이터, 충돌 처리기, 그리고 사례기반 시스템의 유기적인 도움을 받아 설계자는 설계과정에서 발생하는 설계 시스템간의 의사충돌 문제에 대한 의사결정을 과거의 유사한 문제해결 사례로부터 효과적으로 처리할 수 있다.

Key Words : Concurrent Engineering, Collaborative Work, Agent-Based System, Conflict Resolution, Case-Based Reasoning, Ship Design

*) 한국해양연구소 선박해양공학분소 선임연구원

**) 서울대학교 조선해양공학과 교수

1. 서 론

최근 들어 기업의 생산성 향상과 원가절감을 위해서 설계, 조립, 생산, 등의 업무가 타 지역뿐만 아니라 해외로까지 분산됨에 따라 이러한 분산된 환경에서의 원격지간의 공동설계 및 생산을 위한 동시공학적 접근 방법론이 날로 그 중요성이 부각되고 있으며, 지역적인 분산뿐 아니라 기능적 분화에 따른 이기종, 상이한 소프트웨어 환경간의 설계정보를 서로 교환하고 공유하기 위한 문제를 해결하려는 많은 시도가 이루어지고 있다. 최근 급속히 부각되고 있는 에이전트(agent) 기반 시스템의 채용은 이러한 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 방안의 하나가 될 수 있다. 이러한 에이전트 기반의 동시공학적 설계 시스템을 구현하기 위해서는 시스템간의 원활한 정보교환(communication)과 더불어 에이전트간의 정보교환 과정에서 발생하는 의사충돌 해결(conflict resolution) 및 의사결정 중의 협의(negotiation) 등의 방법론이 우선적으로 해결해야 할 과제라고 할 수 있다.

본 논문에서는 조선 설계분야에서 원격지간의 공동설계 환경을 지원하기 위한 에이전트기반의 동시공학 설계 시스템을 구현하였고, 동시공학적 선박설계 에이전트 시스템 환경에서 이들의 정보교환 과정에서 발생하는 설계 에이전트간의 의사 충돌 문제를 해결하기 위하여 과거의 의사 충돌 해결 사례를 바탕으로 현재의 충돌 문제를 해결하고자 하는 사례기반 충돌 해결 전략을 수립하였다. 이를 위하여 먼저 선박 초기설계 과정에서 발생할 수 있는 설계 시스템간의 의사 충돌 문제를 추출하여 이를 정리하였고, 이것을 바탕으로 선박 초기설계 의사 충돌 해결을 위한 사례베이스를 구축하였다. 또한 에이전트간의 지식 공유 및 정보 교환을 통한 협동설계를 수행할 때 일어나는 의사 충돌 문제를 효과적으로 처리하기 위하여 충돌 해결 처리기(conflict resolution handler)를 개발하여 이를 에이전트간의 정보를 중재하는 퍼실리테이터 내에 두어 구축된 사례베이스의 추론을 통하여 충돌 문제에 대한 해를 제시하도록 하였다. 이를 바탕으로 선박 초기설계, 특히 기장설계, 기본계획, 선형설계, 구조설계 시스템에서 일어나는 의사 충돌 문제를 대상으로 각 에이전트, 퍼실리테이터, 충돌 해결 처리기, 및 사례기반 시스템에서의 문제 해결을 위한 정보 교환 과정과 시스템 구현 사례를 통하여 사례기반 추론 기법에 의한 설계 에이전트간의 충돌 해결 전략에 대한 유효성을 검증하였다.

본 논문의 의의로는 2장에서 언급하게 될 조선 설계분야에서의 공동설계 필요성에 발맞추어 이를 효과적으로 지원하기 위한 방안으로서 에이전트 기술을 도입하였다는 것이다. 조선산업과 같이 소품종 주문생산 체재에서는 제품의 설계마다 변화하는 다양하고도 수많은 정보를 효과적으로 처리하고 설계변경을 최소화하기 위한

정보의 공유는 필수적이라 할 수 있으며, 에이전트 기술의 도입은 이를 매우 효과적으로 지원할 수 있다.

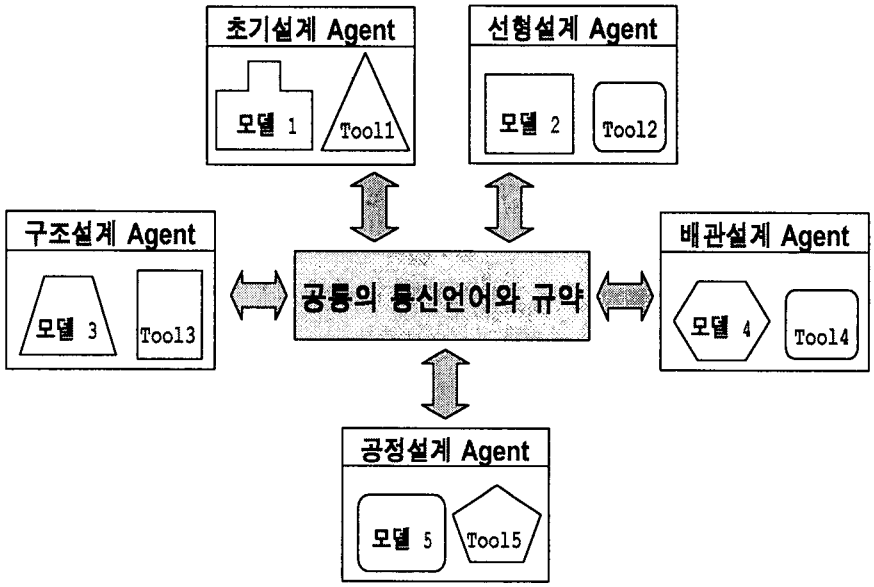
2. 조선분야의 공동설계 개념

최근들어 기업의 글로벌 경영의 개념에 따라 설계 및 생산 환경이 지역적으로 떨어져 있음으로 인한 정보 공유의 문제와 이들이 그 분야에 적합한 고유의 하드웨어와 서로 다른 소프트웨어를 사용함으로써 발생하는 정보 교환의 문제는 매우 심각한 문제로 나타나고 있다. 또한 하나의 기업 내에서도 설계기능의 세분화 및 전문화에 따른 설계 부서간의 정보의 단절로 인해 생산성의 저하를 초래하고 있다. 이러한 정보의 단절과 독립적인 설계 및 생산으로 인한 생산성의 저하를 막기 위하여 동시공학, 공동설계의 개념이 공학분야에서 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 현재 한국의 조선산업에서도 설계분야마다 서로 다른 CAD 시스템을 사용하고 있는데, 예를 들어, 기본설계(preliminary design)에서는 TRIBON System, 선박 기본계산(hydrostatic calculation)에서는 SIKOB, 도면 작성(drawing)에는 CADRA 또는 AutoCAD, 선체설계(hull design)에서는 AUTODEF, TRIBON, Intergraph VDS, 그리고 의장설계(outfitting design)에서는 CADDS를 사용하는 등 각각의 분야에서 서로 다른 하드웨어 환경과 다양한 도구들이 설계에 이용되고 있다. 또한 이들 시스템들은 분산된 환경 하에서 독립적으로 수행되고 있다. 현재로는 이들 시스템들이 도면이 아닌 디지털화 된 설계정보를 생성하고 있으나 설계 시스템간의 설계정보가 공유화 되지 못함으로 인한 설계 프로세스간의 의사충돌이 자주 발생하고 있으며, 이로 인한 설계 생산성의 향상은 매우 어려운 것이 사실이다.

이러한 점을 고려할 때 동시공학 설계(concurrent design)를 통해 시스템간의 정보와 지식을 공유함으로써 관련 설계정보를 조기에 생성하는 것은 매우 중요하다. 이러한 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 있었는데, 그 중에서 에이전트의 개념을 도입한 지식 공유 접근방식이 최근 들어 관심을 모으고 있다 [8, 10, 11, 12]. 에이전트 고유의 집단간의 상호 작용을 통한 지적인 문제해결 능력과 인터넷을 기반으로 한 분산환경의 지원은 앞서 언급한 동시공학적 공동설계 환경 구축에 매우 유용한 개념이라 할 수 있다. [그림-1]은 에이전트 기반의 공동설계 환경의 개념도이다.

3. 원격 공동설계를 위한 에이전트 기술의 도입

2장에서 언급한 조선설계 분야에서의 공동설계를 위한 에이전트 시스템 구현에 앞서 여기에 맞는 에이전트 개념을 정의하고, 에이전트간의 통신 수단이 되는 에이전트 통신언어, 그리고 설계 모듈들의 에이전트화 방법들을 설명하고자 한다.



[그림-1] 에이전트기반 원격공동설계 개념도

3.1 에이전트의 정의

에이전트는 그 종류와 특성에 따라 여러 가지로 정의할 수 있지만 가장 쉽고 간단하게 "외부 프로그램과 정보교환을 위해 정해진 통신 규약에 따라서 통신을 수행할 수 있는 독립적인 컴퓨터 프로그램 "이라고 정의할 수 있다. 다시 말해서 에이전트는 지식베이스와 추론기능을 가지며 사용자, 자원(resource) 또는 다른 에이전트와의 정보교환과 통신을 통해 문제해결을 도모하는 소프트웨어로서 이들이 가지는 고유의 통신언어와 규약을 통해 분산된 이질의 시스템들간의 지식공유를 통한 CSCW(Computer Supported Collaborative Work)를 구현하기 위한 것이다 [3].

본 논문에서는 이러한 에이전트의 기능을 갖추기 위해서 미국 Defense

Advanced Research Project Agency(DARPA) 및 여러 기관이 후원하는 Knowledge Sharing Effort(KSE) 과제에서 개발된 에이전트 통신언어 (Agent Communication Language : 이하 ACL로 함), 즉 Knowledge Query And Manipulation Language(KQML)과 Knowledge Interchange Format(KIF)을 각각 외부 언어와 내부 언어로 사용하였다 [5, 6, 7, 9, 19, 20].

이러한 ACL을 통해 주고받는 정보와 서비스 및 이들 정보를 다른 형태로 재 가공하거나 추론 등을 통해서 새로운 정보를 도출해 내는 에이전트의 능력에 따라 에이전트 기반 소프트웨어 공학은 이질적인 환경을 효과적으로 통합하는 시스템 통합 기법으로서의 가능성을 보여준다.

3.2 에이전트 통신언어 (ACL)

현재 ACL은 크게 외부 언어로 KQML과 내부 언어로 KIF이 많이 사용되는 추세이다. 여기서도 DARPA의 KSE 과제에서 도출된 내용을 바탕으로 선박설계에서의 원격 공동설계 시스템을 구성하기 위한 통신언어 구현 예를 설명하고자 한다.

3.2.1 외부 통신 언어 (KQML)

KQML은 에이전트간의 지식 교환을 위한 메시지의 형식이자 상호간의 통신 규약이다 [20]. KQML이 지식 교환을 위한 메시지의 형식이라는 것은 KQML은 지식을 표현하는 것이 아니라 표현된 지식을 통신으로 전달하기 위한 형식이라는 것을 말한다. KQML은 실제 실어 나르는 지식의 내용과 무관하다. 따라서 내용의 표현 언어에 독립적이며 여러 가지 언어가 쓰일 수 있다. KQML은 다만 이들 내용에 대한 태도(질문, 요구, 명령, 단언)를 나타낸다. 이 개념은 speech act 이론에서 나온 것으로, 이러한 태도를 나타내는 KQML의 기본 요소를 수행자(performative)라고 부른다. 수행자는 다른 여러 인자와 함께 완전한 KQML 문장을 이루며 또한 상호간의 통신 규약을 나타내는 역할을 한다.

본 논문에서 개발된 선박 초기설계 에이전트 시스템에서 사용된 다음과 같은 간단한 예를 통해 KQML의 구성요소를 살펴보자[2].

```
(ask-one      :sender facilitator
              :receiver agent1
              :reply-with id1
              :language KIF
```

```
                :ontology Particular_Dim
                :content (length h30 ?l))
```

여기서 ask-one이 수행자로 :content가 질문임을 나타내고 암시적인 통신 규약에 따라 다음과 같은 형태의 답변이 오기를 기다린다.

```
(tell  :sender agent1
                :receiver facilitator
                :in-reply-to id1
                :language KIF
                :ontology Particular_Dim
                :content (length h30 264))
```

이 대화의 내용은 h30번 배의 길이가 얼마냐고 물은 것에 대해 264m 라고 대답하는 에이전트간의 통신 예이다.

남아있는 다른 파라메터를 살펴보면 :sender는 메시지의 전송자를 나타내며, :receiver는 메시지의 수신자를 나타낸다. ask-one의 :reply-with와 tell의 :in-reply-to는 서로 짝을 이루어 질문에 대응하는 정확한 tell 메시지를 찾을 수 있게 한다. 즉, ask-one을 보내면서 id1이라는 값으로 답변하기를 요청하고 tell은 :in-reply-to 값을 id1으로 설정함으로써 이것이 :reply-with id1으로 설정된 ask-one에 대한 답변임을 밝히는 것이다. :language는 :content를 표현하는데 쓰인 언어가 KIF임을 밝히며 Prolog와 같은 다른 언어를 사용할 수도 있다. 마지막으로 :ontology는 content에 쓰인 어휘의 정의를 담고 있는 것으로 여러 에이전트간에 쓰이는 어휘를 공유하기 위한 것이다. 여기서는 length라는 KIF의 relation constant가 Particular_Dim이라는 온톨로지에 저장되어 있음을 뜻하는데 이 곳에 length를 포함한 선박의 주요치수와 관련된 용어를 정의해 놓고 여러 에이전트들이 그 뜻을 공유한다.

이상에서 보듯이 KQML은 개념적으로 세 개의 계층(layer)으로 나누어질 수 있는데, 내용 계층(content layer), 메시지 계층(message layer), 통신 계층(communication layer)이 그것이다. 이 중 내용 계층은 교환하고자 하는 내용을 담은 층으로 KIF 뿐 아니라 여러 가지 다른 표현 언어(예로서 Prolog, Lisp 등)를 쓸 수 있다. 나머지, 통신 계층은 메시지의 발신자(sender)와 수신자(receiver)와 같은 통신 파라메터를 나타내고, 메시지 계층은 내용에 대한 태도(질문, 명령, 단언 등)를 나타내며 또한 이에 따라 상호간의 통신 규약을 결정하게 된다.

3.2.2 내부 통신 언어 (KIF)

KIF는 LISP, Prolog언어와 유사하게 지식(knowledge)이나 규칙(rule) 등을 표현할 수 있는 first order predicate calculus의 prefix 타입의 언어이다[9]. KIF는 상이한 지식 표현 언어를 사용하는 시스템간의 지식 교환을 위한 목적으로 개발되었으므로 풍부한 표현력을 가지고 있다. 결국 ACL의 해석을 위해서 가장 핵심이 되는 것은 내부 언어의 해석이며 이를 위하여 KIF 해석기를 필요로 한다. 본 논문에서는 KIF는 사용하지 않고 있다.

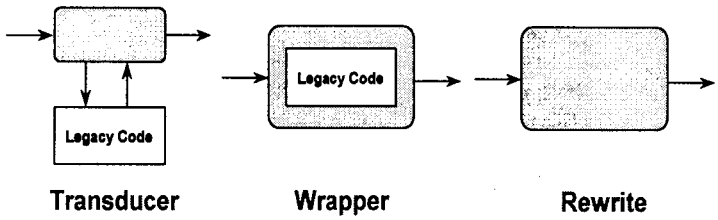
3.2.3 온톨로지 (Ontology)

사람들간의 의미 있는 대화를 나누기 위해서는 적어도 같은 언어 혹은 번역 가능한 언어의 사용과 함께 의미를 공유하고 있는 어휘의 사용이 필요하다. 이는 ACL에서도 그대로 적용되는데 온톨로지는 ACL에서 사용하는 어휘의 집합을 나타낸다[13, 14]. 앞의 메시지에서 나타낸 KQML 메시지의 내용 중에서 내용을 전달하는 :content에서 length의 의미를 명확하게 하기 위해 Particular_Dim이라는 온톨로지를 정의함으로써 정보를 공유하는 에이전트에서 length의 의미를 배의 길이(LBP)라고 인식하게 된다.

3.3 설계모듈의 에이전트화 (Agentification)

서로 이질적인 분산된 설계 환경 하에서 설계정보의 교환, 설계지식의 공유를 통한 협동설계 시스템을 구현하기 위해서는 먼저 각각의 프로그램이 정보를 교환하고 서로의 지식을 공유할 수 있도록 이들의 에이전트화 작업이 선행되어야 한다.

일반적으로 기존의 프로그램을 에이전트화 하는 방법에는 [그림-2]와 같이 transducer, wrapper의 이용 및 프로그램 재작성 등이 있다 [10]. 하지만 어느 방법을 사용하든 에이전트는 KQML 수행자와 content인 KIF를 처리하여야 하며, 이를 체계적이고 효과적으로 지원하기 위해서는 에이전트 기본 아키텍쳐가 확립되어 있는 것이 바람직하다.



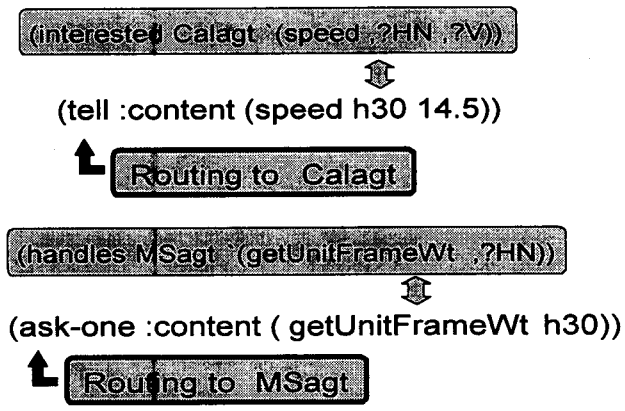
[그림-2] Three approaches to agentification

에이전트는 ACL을 이용하여 데이터, 사실, 지식 등의 정보를 전달할 수 있다. 실제로 이러한 ACL로 표현된 정보가 에이전트간에 전달되기 위해서는 에이전트 시스템은 다음과 같은 기능이 있어야 한다.

(1) 에이전트간의 메시지를 전달하기 위하여 통신을 할 수 있는 기본적인 기능
(2) Contents 내용을 해석하는 기능
(KIF 인터프리터)
(3) KQML의 지시 사항(performative)을 수행하는 기능

3.4 정보의 라우팅

에이전트들 간의 협동설계 과정에서 이들의 메시지들을 어떻게 정확하고 효과적으로 중재할 수 있는가의 문제는 매우 중요하며, 이러한 중재 역할을 담당하는 에이전트가 퍼실리테이터이다. 다시 말하면 에이전트가 보낸 ACL의 내용을 보고 그 메시지를 다룰 수 있는 인터페이스를 등록한 에이전트를 찾아서 그 에이전트에게 ACL을 라우팅 해주는 것이다. 이러한 개념이 Content-Based Routing (CBR) 개념이다. [그림-3]은 각 에이전트로부터 퍼실리테이터에 등록된 정보가 어떻게 라우팅 되는지를 보여준다.



[그림-3] Content-Based Routing in Facilitator

여기서 (interested Calagt '(speed ,?HN ,?V))는 구현된 선박설계 에이전트 시스템을 구성하고 있는 기본계획 에이전트 내에 있는 선박계산 에이전트(Calagt)가 (speed xx xx) 형태의 문장에 관심이 있다는 것을 나타내며, 이 KQML 문장의 (speed ,?HN ,?V) 는 실제 지식이나 정보를 담고 있는 내용계층으로 KIF으로 표현되는데 KIF에서 ?로 시작하는 항은 individual 변수를 가리키며 이 예에서는 변수 이름은 중요치 않다. 컴마 다음의 항은 문자열 자체가 아닌 변수의 값에 관심이 있다는 것을 나타낸다.

또한 (handles MSagt '(getUnitFrameWt ,?HN))는 구조설계 중에서 선박 중앙단면 설계를 담당하는 MS에이전트(MSagt)가 (getUnitFrameWt xx) 형태의 질문에 대답할 수 있다는 것을 나타낸다. 이 때 기본계획 에이전트가 퍼실리테이터에게 다음과 같은 ACL을 보내면 퍼실리테이터는 등록된 인터페이스와 ACL의 content를 비교하여 tell 수행자(performative)는 선박계산 에이전트(Calagt)에게 ask-one 수행자는 MS 에이전트(MSagt)에게 라우팅 해준다.

(tell :content (speed h30 15.0))
(ask-one :content (getUnitFrameWt h30))

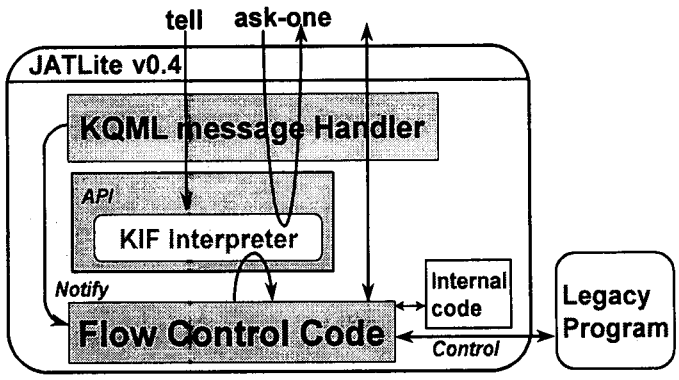
결국 퍼실리테이터의 CBR 기능은 에이전트가 ACL을 어느 에이전트에게 보내야 하는가를 알지 못하더라도 퍼실리테이터를 통해 적당한 에이전트에게 전달되도록 해주는 기본적인 기능이다.

4. 에이전트 기반 선박 공동설계 시스템

4.1 시스템 설계

본 연구에서는 선박 초기설계 과정에서의 공동설계 시스템을 구성하기 위하여 다음과 같은 기본 방향을 정하였다. 첫째, 에이전트의 기본 통신 기능에는 JATLite 0.4의 기능을 활용한다[23]. 둘째로는 표준적인 API를 제공하는 범용적인 KIF 인터프리터를 개발하여 독립된 모듈로서 이용한다[4]. 여기서 범용적인 KIF 인터프리터의 개발을 위해서는 추론 기능, 함수 및 관계(relation)의 정의 기능을 구현해야 한다. 셋째로 기본적인 KQML 수행자를 처리하기 위한 표준적인 알고리즘을 설계한다. 본 논문에서는 우선 interested, handles, tell, ask-one, reply 수행자 등 기본적인 KQML만을 사용하였으며 JATLite 0.4에는 KQML 수행자를 토큰 단위로 분석하는 기능이 있을 뿐 그 의미를 구현해 주지는 않는다. 따라서 KIF 인터프리터와 연계해서 KQML의 의미대로 실행되는 KQML message handler가 필요하다. 특히 표준적인 KQML message handler의 개발은 독립적인 KIF 인터프리터와 마찬가지로 에이전트 개발의 생산성을 크게 높여준다. 퍼실리테이터가 ask-one 수행자를 받았을 때 KIF 인터프리터를 통해 적당한 reply를 보내거나 CBR 기능을 이용해 다른 에이전트에게 라우팅 하는데 여기서는 기본계획 에이전트가 퍼실리테이터의 역할도 겸하게 하였다.

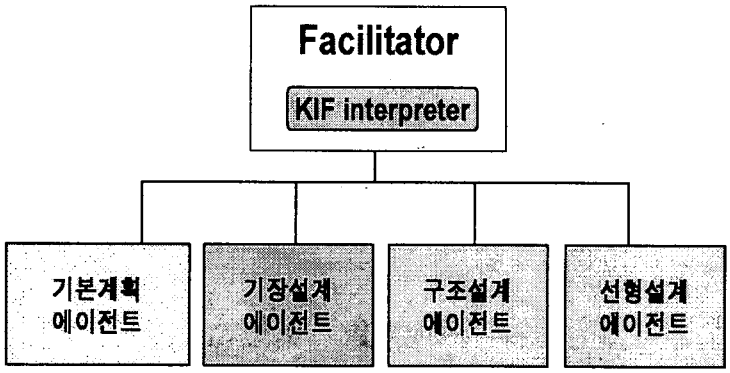
이상의 기본 방향에 따라 [2]는 선박설계를 위한 에이전트 시스템의 아키텍처에 대한 연구를 수행하였으며, 이를 바탕으로 [그림-4]와 같이 에이전트의 기본 아키텍처를 개념적으로 설계하였다. 에이전트는 기본적으로 JATLite 0.4의 틀에서 동작하며, ACL은 JATLite 0.4의 통신 인터페이스를 통해 앞에서 설명한 KQML message handler에 전달되고 다시 KIF 인터프리터에게 content가 전달된다. 이때 KIF 인터프리터에서는 tell이나 reply 수행자의 content는 자신의 지식베이스에 저장하고 handles, interested 수행자는 특별히 관리한다. 또한 ask-one 수행자에 대해서는 reply를 보내고 만약 에이전트가 퍼실리테이터의 역할도 겸한다면 다른 에이전트에게 라우팅 할 수도 있다.



[그림-4] 에이전트화를 위한 기본 구조

4.2 시스템 구현

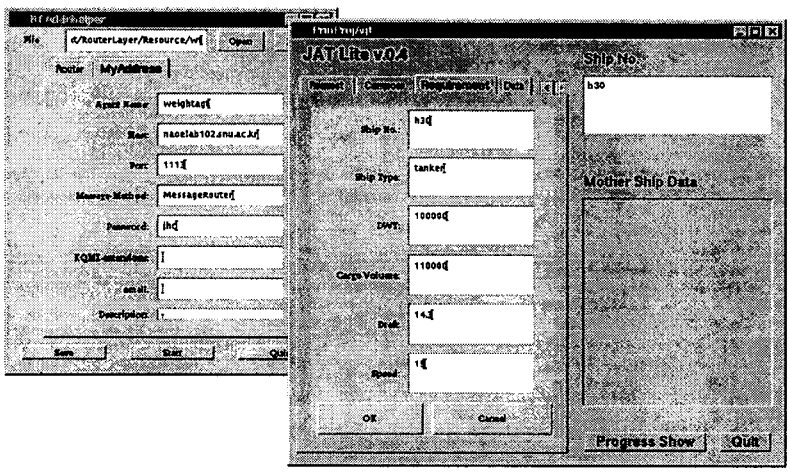
선박 초기설계 에이전트 시스템을 구현하기 위해서 본 연구에서는 [그림-5]와 같이 시스템을 구성하였다. 에이전트 시스템에서 다수의 에이전트가 서로 통신하기 위해서는 각각의 에이전트가 다른 에이전트들의 주소를 관리해야 하고, 또한 각 에이전트에 대한 인터페이스를 알아야 하므로 에이전트 개발을 매우 어렵고 복잡하게 만들 수 있다. 따라서 그 대안으로 각 에이전트간의 통신 문제에 대한 부담을 줄이고 인터페이스에 대한 중앙 집중식 관리를 위해서 연방 체계(federated architecture) 개념을 채용한다. 이러한 연방 체계에서는 에이전트들의 연결을 퍼실리테이터(facilitator)가 담당하며 각 에이전트들은 초기화 단계에서 자신의 주소와 인터페이스를 퍼실리테이터에 등록함으로써 퍼실리테이터가 에이전트간의 통신을 중계하고 업무를 "monitoring" 하고 "coordination"하는 역할을 한다. 즉, 에이전트가 ACL을 퍼실리테이터에게 보내기만 하면 퍼실리테이터는 자신에게 전달된 ACL의 내용과 등록된 인터페이스를 보고 적당한 에이전트에게 그 메시지를 보내주고 응답되는 결과를 다시 발신자에게 중계해 준다.



[그림-5] 에이전트기반 선박 공동설계 시스템 구성도

이와 같은 퍼실리테이터의 역할 중에서 가장 중요한 개념이 앞서 설명한 Content-Based Routing 이라 할 수 있다.

[그림-6]은 기본계획 에이전트에서 선박설계를 위한 선주(owner)의 요구조건을 입력하기 위해 구현된 창으로서 JATLite를 이용하여 다른 설계 에이전트와의 정보교환을 통한 공동설계를 수행한다.



[그림-6] 기본계획 에이전트의 구현 예

5. 선박설계에서의 의사 충돌 문제

선박 공동설계 과정 중에서 발생하는 의사 충돌은 근본적으로 각각의 설계 시스템들이 서로 다른 관점에서 설계를 수행하기 때문에 설계 과정에서의 충돌 문제는 피할 수 없는 해결해야 할 문제이다. 본 논문에서 구현된 에이전트기반의 공동설계 시스템 내에서도 설계 시스템간의 의사충돌을 어떻게 시스템적으로 처리할 수 있을 것인가 하는 것이 매우 중요한 문제이다. 이러한 방안을 제시하기에 앞서 먼저 선박설계 과정에서 일어날 수 있는 의사충돌 사례를 살펴보고자 한다.

설계 관점
-기본계획 : 경제성 관점 (선가 낮고 성능이 우수한 배)
>> 가급적 배의 길이 짧게
-선형설계 : 선미부 형상 Slender
-구조설계 : 구조강도 만족을 위한 보강
>> Web Frame 크게
-기장설계 :기관실(E/R) 배치를 위해 E/R 공간 확보

의사 충돌 발생
: 기관실 배치과정에서 Hull과의 Clearance
(Passage Way(60Cm)) 확보 어려움

충돌 해결 과정
- 기본계획에 요청 : 기관실 구획을 1 frame 늘려달라
기본계획의 응답 :
(Case 1) 1 frame을 늘리겠다.
설계변경 전략 적용(기본계획, 기장설계)
(Case 2) 경제성 측면에서 불가함
- 선형설계에 요청 : 선미형상을 더 넓게 해달라
선형설계의 응답 :
(Case 1) 선미형상 수정
선미형상 변경에 따른 성능해석 평가
(Case 2) 저항추진성능 때문에 불가함
- 구조설계에 요청 : Web Frame을 줄여달라
- 기장설계 자체 해결 : 재배치를 통한 해결

[그림-7] 선박설계 과정에서의 의사충돌 예

선박 초기설계 과정에서는 [그림-7]과 같은 설계 관점의 차이에서 문제가 발생하게 된다. 즉 각 설계분야마다 설계 관점이 다르다. 기본계획에서는 경제성 관점에서 선가가 낮고 성능이 우수한 배를 설계하기 위해서 선가에 중요한 영향을 미치는 배의 길이를 가급적 짧게 하려고 한다. 반면에 기장설계에서는 기관실을 조금이라도 길게 하거나 넓게 하여 기기 배치가 원활히 이루어지기를 기대한다. 또한 선형설계에서는 기관실이 배치되어 있는 선박의 뒤쪽 선미부에서 추진 저항 성능을 극대화하기 위해서 선박의 형상을 날씬하게 설계하기를 바란다.

구조설계에서도 구조 강도를 위하여 보강재인 web frame을 크게 설계하고자 한다. 이렇게 되면 선가의 증가뿐 아니라 기장설계에서의 기관실 기기배치에도 많은 영향을 주게 된다. 이러한 설계 관점에서 발생하는 의사충돌 문제가 실제 조선소의 설계과정에서 빈번히 발생하고 있으며, 이에 따른 잦은 설계변경은 생산성의 저하를 초래하고 있다. [그림-7]에서는 기장설계에서 기관실의 기기 배치설계(machinery layout design) 과정에서 기기와 선각(船殼 : hull)간의 최소여유공간이 확보되지 못함으로써 발생하는 문제와 이것의 해결을 위하여 기본계획, 선형설계, 그리고 구조설계와의 의사교환을 통하여 문제를 해결해 가는 과정을 기술하였다. 이와 같은 설계과정의 의사충돌과 이들의 협의 과정을 해결하기 위하여 과거의 의사충돌 문제 해결 사례를 바탕으로 유사한 해결 사례를 찾아 해결책을 제시해 주는 사례기반 접근 방법을 이용하여 이를 에이전트기반 원격 공동설계 시스템에서의 의사충돌 해결 모듈로 이용하였다.

6. 사례기반 접근에 의한 에이전트간의 의사충돌 해결 전략

이미 언급한 바와 같이 에이전트간의 의사 교환을 통하여 원격 공동설계 시스템을 구축함에 있어 무엇보다 중요한 것이 어떻게 각각의 설계 관점의 차이에서 발생하는 의사 충돌 문제를 효과적으로 시스템화하여 처리할 수 있을 것인가의 문제이다. 왜냐하면 비효율적인 의사 충돌해결은 곧바로 생산성의 저하와 이에 따른 생산비용의 증가를 초래하기 때문이다. 지금까지 이러한 의사충돌 문제를 해결하기 위한 많은 시도가 있어왔다 [16, 17, 18, 21, 22]. 이러한 시도들 중에서 과거의 문제해결 사례를 바탕으로 현재의 문제를 해결해 보고자 하는 시도가 쉬우면서도 타당성이 있다고 생각된다. 따라서 여기서는 5장에서 언급한 선박설계에서의 논리적인 의사충돌 문제를 사례기반 추론 기법에 의한 해결 방법에 의해 접근하고자 한다[1].

여기서는 기장설계 에이전트 시스템을 중심으로 기본계획 에이전트, 선형설계 에

이전트, 그리고 구조설계 에이전트간의 설계 관점의 차이에 의한 의사 충돌 문제를 해결하기 위하여 먼저 효과적인 사례 구현 전략을 수립하고, 이를 바탕으로 사례베이스를 구축하였다. 이렇게 구축된 사례베이스를 이용하여 과거의 의사 충돌 해결 사례 중에서 유사도 평가에 의해 유사사례를 추출하고 이를 바탕으로 해결 방법을 제시하였다. 본 논문에서는 이러한 일련의 과정을 효과적으로 처리하기 위해서 의사 충돌 해결 처리기(conflict resolution handler)를 구현하고, 이를 퍼실리테이터내에 두어 에이전트간의 정보교환 과정에서 발생하는 의사충돌 문제를 해결해 주도록 하였다.

6.1. 사례베이스 구축

협동설계 과정에서의 의사충돌 해결을 위한 사례베이스 구축 과정을 설명하기 위해서 여기서는 기관실 기기 배치 문제에서 발생하는 기장설계 에이전트(MA design agent), 기본계획 에이전트(preliminary design agent), 선형설계 에이전트(hullform design agent), 그리고 구조설계 에이전트(midship design agent)간의 의사충돌 문제를 대상으로 하였다. 이러한 에이전트 시스템간의 의사충돌 문제를 해결하기 위해서 다음과 같은 네 가지 항목으로 세분화하여 사례를 구현하였다.

6.1.1 Title

CBR을 이용하여 설계 에이전트간의 충돌 해결 시스템을 구성하기 위해서 title은 실제로 의사충돌이 일어나는 에이전트의 이름을 아래와 같이 기술하였다.

- Conflict between MA Design agent and Preliminary Design agent
- Conflict between MA Design agent and Hullform Design agent
- Conflict between MA Design agent and Midship Design agent
- Conflict between MA Design agent

6.1.2 Description

앞서서도 언급하였듯이 description은 사례의 특징을 결정짓는 요인으로서 유사사례를 분류하기 위한 개략적인 사항을 기술한다. 즉 사례들 가운데 주어진 문제를 해결하는데 관련이 있는 사례들을 찾아내는 역할을 수행한다. 이 부분이 사례기반 추론 방법의 인덱싱에 해당하는 부분으로서 사례의 분류 및 검색에 매우 중요한 인자이다. 따라서 여기에는 다음과 같은 정보가 키워드(keywords) 방식이나 자연언어(natural language) 방식으로 기술된다.

- 선종(ship type) : bulk carrier, tanker, container

- 문제가 되는 영역 : hull clearance, passage way, 등
- 문제가 되는 에이전트 시스템 명 : Preliminary Design, MA design, 등

6.1.3 Question / Answer

Question은 description에 기술된 사항들에 의해 관련된 사례를 추출한 후 추출된 사례의 유사도(similarity score)를 파악하여 주어진 문제에 가장 가까운 사례를 제시하기 위해 특성치들에 대한 질의응답 과정을 거치게 된다. 즉 세부사항을 통하여 구체적인 유사사례를 찾아내기 위한 것이다. 여기서는 각 특성치 항목에 대한 가중치(weight)를 부여하게 되며, 가중치가 고려된 사례의 유사도를 평가하게 된다. 다음은 기술된 question/answer의 예이다.

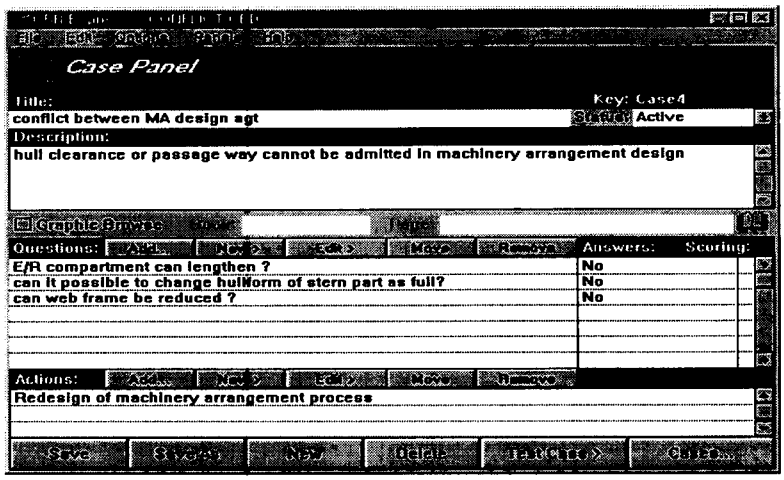
- E/R compartment can lengthen ? (Yes / No)
- Can it possible to change hullform of stern part as full ? (Yes / No)
- Can Web frame be reduced ? (Yes / No)

6.1.4 Action

Action은 주어진 문제상황에 따라 취해질 수 있는 조치사항을 기술하였다. 만일 기관실 구획을 선수쪽으로 조금 늘릴 경우 이에 수반되는 기관실의 기기 배치를 재배치하고, 기관실 구획이 늘어나면서 발생하게 되는 기본계획 에이전트 시스템의 영향을 고려하여 메시지를 기본계획 에이전트에게 전달하게 된다. 다음은 구현된 사례에서의 action의 예이다.

- Make E/R longer (Move FWD BHD)
  -> Execute redesign process of preliminary design
  -> Redesign machinery arrangement process
- Change the hullform of stern part
  -> Execute evaluation process of speed/power
  -> Redesign machinery arrangement process
  (Check hull clearance an passage way)
- Reduce web frame size
  -> Execute evaluation process of structural strength

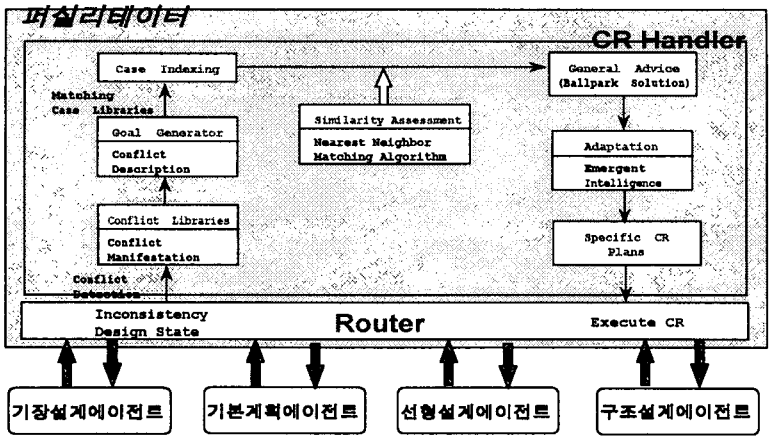
이러한 내용을 바탕으로 설계 에이전트간의 의사충돌 해결을 위한 사례베이스를 구축하였고, [그림-8]은 구현된 사례의 한 예를 보여주고 있다.



[그림-8] 충돌해결을 위해 구현된 사례베이스의 예

6.2 사례기반 충돌해결 처리기

6.1절에서 구현된 사례베이스를 바탕으로 본 논문에서는 원격 공동설계 환경 내에서 에이전트간의 정보교환 과정에서 발생하는 의사충돌 문제를 체계적으로 해결하기 위해서 사례기반 추론 기법에 의한 충돌해결 처리기를 [그림-9]와 같이 구현하였다. 이 처리기는 에이전트간의 정보교환 및 공유를 제어하는 퍼실리테이터 내에 두어 설계 에이전트들로부터 들어오는 정보를 바탕으로 의사충돌이 일어났는지를 감지하고, 충돌문제가 발생하였을 때 이를 신속하고 체계적으로 처리하여 관련된 에이전트에게 전달해 주는 역할을 수행한다.



[그림-9] 사례기반 충돌해결 처리기

여기서 구현된 사례기반 충돌해결 처리기는 다음과 같은 과정을 거치면서 유사한 문제해결 사례를 바탕으로 설계 과정에서 발생한 의사충돌 문제를 해결해 나간다.

6.2.1 의사충돌 표현 (Conflict Manifestation)

여기서는 현재 발생한 충돌문제에 대한 키워드를 생성하게 된다. 즉 유사사례를 인덱싱하기 위한 문제의 기술(예를 들어, passage way, hull clearance, ..) 및 충돌이 발생된 에이전트 명(예를 들어, preliminary design, hullform design, 등)이 생성되어 기술된다.

6.2.2 Goal Generator

의사충돌 표현 과정의 충돌 라이브러리(conflict library)에서 생성된 키워드 및 에이전트 명을 바탕으로 인덱싱을 수행하여 관련 사례들을 찾아오기 위해서 API(Application Programming Interface) 기법을 이용하여 사례기반 추론 시스템을 작동시킨다. 생성된 키워드는 *CallSetDescription*이라는 함수를 통하여 사례기반 추론기에 전달된다.

6.2.3 사례 인덱싱(Indexing)

기술된 description을 바탕으로 키워드의 매칭을 통한 관련 사례를 추출하게 된

다. 인덱싱 과정을 통하여 키워드, 에이전트 이름과 관련이 있는 모든 사례가 추출되어 이를 바탕으로 다음의 유사도 평가가 이루어진다.

6.2.4 유사도 평가 (Similarity Assessment)

여기서는 nearest neighbor 알고리즘을 이용하여 특성치 타입별(numeric, string, yes/no)로 유사도를 평가하여 이를 종합한다.

6.2.5 General Advice

유사도 평가를 거친 사례들 중에서 유사도가 가장 높은 사례를 개략적인 해(ballpark solution)로 제시하게 된다. 일반적으로 이 해는 주어진 문제의 상황과 정확하게 일치되는 경우가 적기 때문에 변용(adaptation) 과정을 거치게 된다.

6.2.6 변용(Adaptation)

여기서는 앞서 제시된 개략적인 해를 바탕으로 구체적인 해결책을 제시한다. 예를 들어, 개략적인 해가 make longer E/R(move FWD BHD)라고 제시되었을 때 그러면 기관실(E/R) 길이를 몇 프레임 길게 할 것인가 하는 구체적인 해를 찾게 된다. 여기서 FWD BHD(Forward Bulkhead)라 함은 기관실 구획을 지정하고 있는 선수쪽 격벽을 의미한다.

6.2.7 충돌해결(Conflict Resolution) 실행

얻어진 해를 router로 구체적인 메시지 형태로 전송하여 관련 에이전트에 전달되고, 전달된 메시지에 따라 각 에이전트에서 문제 해결을 위한 재설계를 수행한다.

6.3. 충돌해결 처리기에서의 문제 해결 시나리오

6.3.1 기장설계

- 문제 발생

기관실의 기기 배치 과정에서 A 기기와 선각(hull)과의 여유공간(clearance) 및 통로(passage way)를 위한 공간을 확보할 수 없음

```
(tell :sender MA_design_agent
      :receiver facilitator
      :language KIF
      :reply-with MA0
```

```
:content (and  (conflict CF1)
               (conflict.type CF1 hullClearance)
               (conflict.shipId CF1 h30)
               (conflict.position CF1 (hullform.frame h30 13))
               (conflict.source CF1 MA_design_agent)) )
```

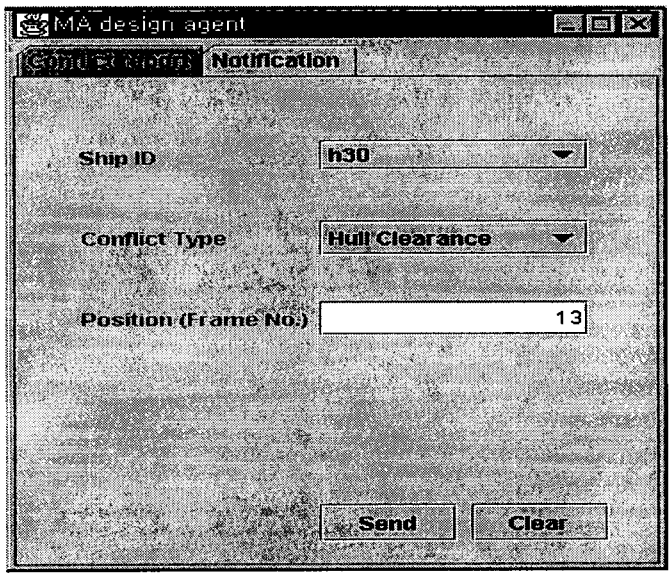
[그림-10]은 기장설계에서 문제발생을 정의하는 창으로서 여기서 보내어진 정보는 위와 같이 에이전트 통신 언어로 변환되어 퍼실리테이터에게 전달된다.

6.3.2 퍼실리테이터

의사충돌 문제에 대한 메시지를 기장설계 에이전트로부터 받아 이를 퍼실리테이터 내에 있는 충돌해결 처리기(CR Handler)에 전달한다.

6.3.3 충돌해결 처리기(CR Handler)

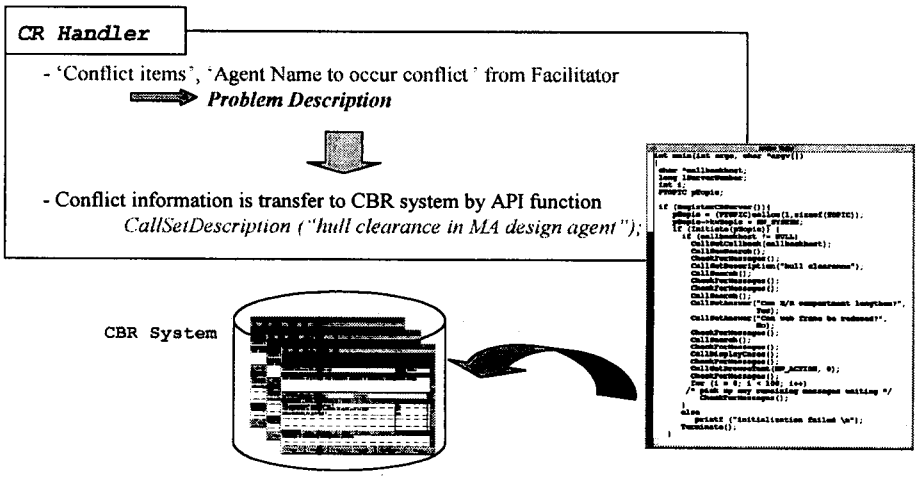
퍼실리테이터로부터 전달받은 'conflict 내용', 'conflict 일어난 에이전트명'을 바탕으로 유사사례를 찾기 위한 **문제 기술**(problem description)을 수행한다. 여기서는 ***키워드*** (conflict 내용의 키워드 및 conflict가 일어난 에이전트명)위주로 기술 후 이를 conflict library에 저장한다.



[그림-10] 기장설계 에이전트에서 충돌 문제 정의를 위한 창

이러한 conflict와 관련된 내용이 **API 함수**를 이용한 프로그램에 의해 충돌해결을 위한 사례기반 시스템으로 전달된다. 이 때 API 함수를 이용하여 정보가 전달되는 형태는 다음과 같으며, [그림-11]은 충돌해결 처리기와 사례기반 시스템에서의 문제 해결 과정을 개념적으로 보여주고 있다.

CallSetDescription("hull clearance in MA design agent");



[그림-11] 충돌해결처리기와 사례기반 시스템에서의 의사 충돌해결 과정

6.3.4 사례기반 추론 시스템

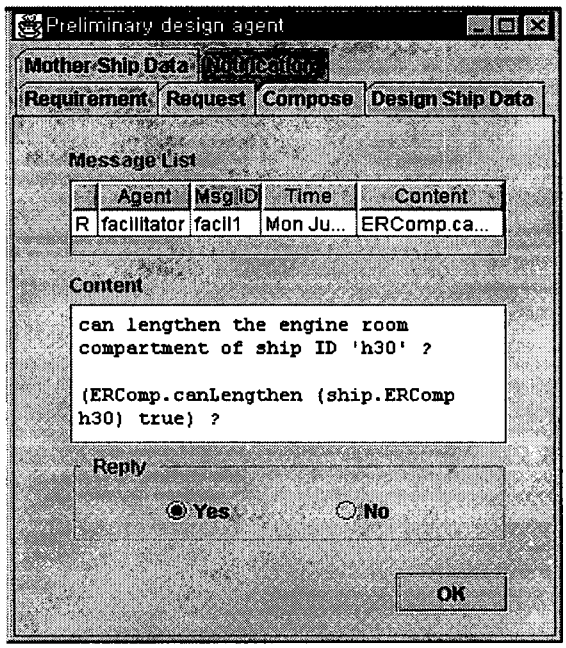
이렇게 사례기반 시스템으로 전달된 정보를 바탕으로 관련 에이전트명, conflict 내용을 담고 있는 사례들을 사례베이스로부터 인덱싱 과정을 통해 추출한다. 충돌해결 처리기로부터 사례기반 추론 시스템으로 전달된 문제의 기술(의사충돌 문제, 문제가 일어난 에이전트 명)을 바탕으로 충돌 문제와 관련된 유사한 사례들이 인덱싱 과정을 통해 얻어지면 question/answer 과정을 통해 추출된 유사사례들을 평가하게 되는데, 이를 위하여 퍼실리테이터는 아래와 같이 관련 에이전트 시스템과의 정보교환을 통하여 유사도 평가에 필요한 question/answer 정보를 수집하여 이를 충돌해결 처리기로 라우팅하게 되고 이것이 다시 사례기반 추론 시스템에 전달된다.

6.3.5 퍼실리테이터 <--> 기본계획 에이전트

퍼실리테이터는 기본계획 에이전트에게 *'기관실 구획을 1 프레임 늘일 수 있는가?'* 라는 메시지를 다음과 같이 보낸다.

```
(ask-if   :sender facilitator
          :receiver preliminary_design_agent
          :language KIF
          :reply-with facil1
          :content (ERComp.canLengthen (ship.ERComp h30) true) )
```

잠시 후 기본계획 에이전트는 나름대로의 평가를 통하여 [그림-12]의 화면과 같이 기관실 구획의 변경이 가능한지의 여부를 퍼실리테이터에게 통보하여 준다. (Yes/No) 이렇게 보내진 정보는 아래와 같은 에이전트 통신 언어로 변환되어 퍼실리테이터에게 전달된다.



[그림-12] 기본계획 에이전트에서 응답하기 위한 메시지 창

```
(tell     :sender preliminary_design_agent
          :receiver facilitator
          :language KIF
          :reply-with pre0
          :in-reply-to facil1
          :content true )
```

이와 마찬가지로 퍼실리테이터에서는 선형설계 에이전트, 구조설계 에이전트 등에게도 같은 방법으로 정보를 수집하게 된다.

6.3.6 사례기반 추론 시스템

각각의 에이전트 시스템으로부터 취합된 정보는 퍼실리테이터를 통해 다시 사례기반 추론 시스템으로 보내지고, 이 정보를 바탕으로 가장 유사한 문제해결 사례를 제시하게 된다.

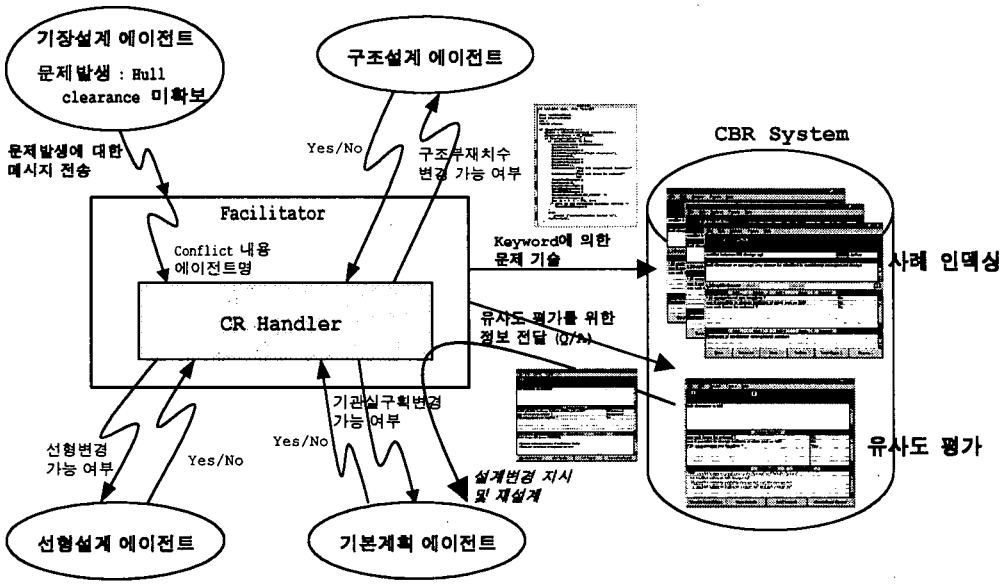
사례기반 시스템에서 제시된 해를 퍼실리테이터에서 받아 이를 관련 에이전트에게 전달하여 문제를 해결한다. 만일 유사사례를 추론한 결과 기본계획 에이전트에서 기관실 구획을 늘리는 방향으로 문제에 대한 해를 결정하였다면 이 때 전달되는 메시지는 다음과 같다. 메시지에서 알 수 있듯이 h30 호선의 기관실 구획의 길이(frameLength)를 1 프레임 늘리게 된다.

```
(tell     :sender facilitator
          :receiver preliminary_design_agent
          :language KIF
          :reply-with facil4
          :content (ERComp.Lengthen
                        (ship.ERComp h30)
                        (* 1 frameLength)) )
```

여기서는 기관실 배치설계 과정에서 발생하는 의사 충돌 문제 중에서 한 가지에 대한 시나리오를 통하여 에이전트간의 전달되는 KQML 메시지와 사례기반 추론 기법에 의해 충돌 문제를 해결하기 위한 충돌해결 처리기와의 의사 교환 및 이들을 통한 문제 해결 과정을 기술하였다.

[그림-13]은 위에서 언급한 의사 충돌 문제를 해결해 가는 과정에서의 정보 전달과 각각의 에이전트 시스템, 퍼실리테이터, 충돌해결 처리기, 그리고 사례기반 추론

기간의 의사 결정에 대한 개념을 나타내고 있다.



[그림-13] 에이전트기반 선박 설계 시스템에서의 의사충돌 해결 시나리오

7. 결 론

본 논문에서는 크게 두 가지 부분에 대해 언급하였다. 첫째는 선박설계 분야에서 원격공동설계 환경을 구축하기 위한 에이전트 시스템 구현이고, 또 하나는 이들 간에 발생하는 의사충돌 문제로서 에이전트간의 논리적인 의사충돌 문제를 사례기반 추론 기법에 의해 해결 방법을 제시하였다.

본 논문의 의의는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 에이전트 기반 선박설계 시스템 구현을 통하여 다양하면서 독립적인 설계 프로그램들이 원격지에서 사용하는 하드웨어나 CAD 시스템의 종류에 관계없이 원활한 정보교환 및 지식의 공유를 통한 지적 시스템을 구현할 수 있었다.

둘째, 의사충돌 문제를 해결하기 위하여 사례기반 추론에 의한 접근을 시도하였다. 특히 사례기반 추론의 일련의 과정을 효과적으로 처리하기 위해서 의사 충돌 해결 처리기(conflict resolution handler)를 구현하고, 이를 퍼실리테이터내에 두어 에이전트간의 정보교환 과정에서 발생하는 의사충돌 문제를 감지하여 이를 해결해

주도록 하였다. 여기서 제시된 사례기반 추론 방법은 문제를 해결함에 있어 그 방법이 매우 단순하면서도 인간의 문제해결 방법과 또한 설계 개념이 매우 유사하여 공학설계에서의 에이전트간의 의사충돌 문제를 해결하기 위한 방법으로 매우 유용한 접근 방법이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 이경호, 사례기반 추론 기법에 의한 설계 에이전트간의 충돌해결 전략, 서울대학교 조선해양공학과 박사학위논문, 1998.

[2] 이상욱, 시스템 통합을 위한 에이전트 기본 아키텍처에 관한 연구, 서울대학교 조선해양공학과 석사논문, 1998.

[3] 이종갑 외, 차세대 조선생산 시스템(조선 CIM) 통합기술 개발에 관한 연구, 한국기계연구원 보고서, 1998.

[4] 최제민 외, 에이전트 기반의 선박설계 시스템 구축을 위한 시험형 KIF 번역기 개발, 대한조선학회 추계 학술회의 발표집, 1997. 11.

[5] Finin, T., Fritzson, R., et al., KQML : an information and knowledge exchange protocol, International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scale Knowledge Bases, 1995.

[6] Finin, T., Labrou, Y. and Mayfield, J., KQML as an agent communication language, In Software Agents edited by Bradshaw, J.M., MIT Press, 1995. Also available as http://www.cs.umbc.edu/kqml/papers/KQML-acl.ps

[7] Finin, T., Weber, J., et. al., Specification of the KQML Agent Communication Language, The DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interfaces Working Group, 1994.2.

[8] Finin, T., Wiederhold, G., An Overview of KQML : A Knowledge Query and Manipulation Language, Technical Report, Logic Group, Computer Science Dept., Stanford University, 1991.

[9] Genesereth, M.R., Fikes, R., et al., Knowledge Interchange Format Ver. 3.0 Reference Manual, Technical Report of Computer Science Department, Stanford University, 1992.

[10] Genesereth, M.R., Ketchpel, S., Software Agents, Communication of the ACM, Vol.37, No.7, 1994.

[11] Genesereth, M.R., Singh, N., A Knowledge Sharing Approach to Software Interoperation, Technical Report, Logic Group, Computer Science Dept., Stanford University, 1993.

[12] Gregory, R.O., Mark, C., Jay, M.T. and Thomas, R.G., Collaborative Engineering based on Knowledge Sharing Agreements, Proc. of the

1994 ASME Database Symposium,1994.

[13] Gruder, T.R., Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, Tech. Report of Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 1993.

[14] Gruder, T.R., A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Tech. Report of Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 1993.

[15] Hyacinth, S. N., Software Agents : An Overview, Knowledge Engineering Review, II(3), 1996.10/11, 205-244.

[16] Klein, M., Supporting Conflict Resolution in Cooperative Design Systems, IEEE Trans. on Stems, Man, and Cybernetics, Vol.21, No.6, Nov., 1991.

[17] Klein, M., Supporting Conflict Management in Cooperative Design Teams, Group Decision and Negotiation, Kluwer Academic Publishers, 1993, 2:259-278.

[18] Klein, M., Lu, S. C.-Y., Conflict Resolution in Cooperative Design, Artificial Intelligence in Engineering, 4(4), 1989, 168-180.

[19] Labrou, Y., Finin, T., A Proporsal for a new KQML Specification, TR CS-97-03, Computer Science and Electrical Eng. Dept., Univ. of Maryland Baltimore County (UMBC), Feb., 1997.

[20] Patil, R., Files, R., et al., The DARPA Knowledge Sharing Effort : Progress Report, Proc. of the 3rd International Conference on Principals of Knowledge Representation and Reasoning, Nov., 1992.

[21] Serrano, D., Gossard, D., Constraint Management in MCAE, Artificial Intelligence in Engineering, Gero (ed.) Design, p.217, Elsevier, 1988.

[22] Sycara, K., Negotiation Planning : An AI Approach, European Journal of Operational Research, Vol.46, 1990, 216-234.

[23] JATLite Homepage : http://java.stanford.edu/java_agent/html/

Agent-Based Collaborative Design System and Case-Based Conflict Resolution

Kyung-Ho Lee, Kyu-Yeul Lee

Abstract

Under the concept of global economy, the enterprises are assigning design and production environments around the world in different areas. A serious problem of information exchange emerges as companies use traditional hardware and very distinct softwares appropriate to their field of expertise. To overcome the decreased productivity due to the interruption of information, the concept of simultaneous engineering and concurrent design becomes very significant. In this article, an agent-based ship design system is developed in order to support a cooperation in distributed ship design environments. Above all, the conflicts that occur in the middle of knowledge sharing in the system must be resolved. An approach to do this is the case-based conflict resolution strategy formulated to resolve current conflict on the basis of previous resolved similar cases in agent-based collaborative design system environments. To do this, conflict cases that occur in initial ship design stage are extracted. On the basis of the extracted cases, case-base is constructed. In addition conflict resolution handler located in the facilitator is developed to treat conflict problems effectively by reasoning of the case-base and thus presenting an appropriate solution. The validation of developed case-based conflict resolution strategy is evaluated by applying to collaborative design process in initial ship design stage, especially the machinery outfitting design, the preliminary design, the hullform design, and the structural design. Through the help of the cooperation of the design agents, the

facilitator, the conflict resolution handler, and the case-based system, a designer can be supported effectively in his/her decision-making based on the previous cases resolved similarly.

Key word : Concurrent Engineering, Collaborative Work, Agent-Based System, Conflict Resolution, Case-Based Reasoning, Ship Design