선각내업 공정설계 자동화시스템의 개발

조규갑* · 류광렬** · 최형림*** · 이수홍**** · 정동수***** · 윤성태*****

Development of Computer Aided Process Planning System for Hull Assembly Shops

K.K. Cho · K.R. Ryu · H.R. Choi · S.H. Lee · D.S. Jung · S.T. Yun

1. 서 론

조선업의 경쟁력 강화를 위해서는 생산자원의 효율 극대화를 통한 선박의 적기 인도가 관건이며, 이러한 목적을 달성하기 위해서는 선박설계, 공정설계, 일정계획, 공정관리 및 생산실적집계 등 조선생산시스템에 관련된 활동들이 체계적으로 통합화, 자동화된 컴퓨터 통합생산시스템(Computer Integrated Manufacturing System: CIMS)을 구축하는 것이 중요하다. 국내외에서 조선 CIMS개발을 위한 집중적인 연구를 수행하여 각 부문별로는 일부 효과를 거두었으나[1-6], 조선업 자체가 대규모 구조물의 단납기에 의한 전형적인 단일품 수주 생산의 특성을 가짐으로 인하여 통합된 CIMS의 개발에는 만족스러운 결과를 얻지 못했다.

조선 CIMS의 구현을 위해서는 첫째, 설계, 제조 및 관리의 통합화가 필요하다. 이를 위해서는 우선 생산관리부문 중 설계와 제조를 연결하는데 핵심적인 기능을 담당하는 공정설계와 공정설계의 결과를 이용한 작업일정계획의 동기화 및 통합화가 주요한 과제이다. 특히 정적인 공정설계와 동적인 작업일정계획의 통합화를 위해서는 선박설계정보를 조기에 활용하여, 요구되는 물량에 대한 작업내용과 작업순서의 결정 및 자원할당에 대한 최적화를 통한 조선생산관리에 대한 개선이 필요하다. 둘째, 제조계획의 자동화가 필요하다. 제조계획 가운데서도 핵심분야의 하나인 선각내업 부문의 효율적인 생산관리를 위해서는, 공정설계를 위한 기술정보와 작업일정계획을 위한 관리정보를 선박설계정보로부터 자동으로 추출하고 통합화하여 각종 데이타 처리기술과 지식 처리기술의 적용을 통한 자동화된 지능형 공정설계/작업일정계획시스템의 개발이 중요하다[7].

조선 CIMS가 성공적으로 구현되기 위해서는 공정설계와 작업일정계획의 기능을 통합하여 자동화하는 효율적인 생산관리시스템의 구축이 선행되어야 한다. 이를 위해서 그 동안 국내외적으로 많은 연구가 수행되었으나, 공정설계와 작업일정계획이 통합된 자동화 시스템이 실제 현장에서 활용되고 있는 사례는 찾아볼 수 없었다. 조선생산관리의 선진국이라 할 수 있는 일본의 경우에도 이를 위하여 수년간 연구가 진행되었으나, 겨우 파일럿 시스템 개발수준의 연구결과만 알려지고 있는 실정이다[2,3,8]. 한편 우리나라의 경우에는, 대우중공업 옥포조선소에서 1991년부터 3년간 KAIST와 공동으로 연구하여 일정계획을 자동으로 수립하는 DAS 시스템을 개발하여 실제 현장에서 활용되고 있는 사례[5]를 제외하고는 이렇다 할 만한 연구 결과가 보고되지 않고 있어 거의 대부분이 개념

* 부산대학교 산업공학과, 부산대학교 기계기술연구소
** 부산대학교 컴퓨터공학과, 부산대학교 기계기술연구소
*** 동아대학교 경영정보학과
**** 연세대학교 기계공학과
***** 현대중공업(주) 조선사업부

적인 수준의 연구에 그치고 있는 실정이다[4,6].

본 논문에서는 조선 CIMS를 구현하기 위한 일단계 사업으로서 선각내업부문에 대한 공정설계와 일정계획 업무를 통합화하고 자동화함으로써 조선 CIMS의 기반을 구축하기 위하여 현대중공업(주) 조선사업부와 공동으로 수행 중인 HYCAPS(HYundai Computer Aided Process planning and Scheduling systems) 프로젝트의 일부 연구결과를 소개한다. HYCAPS 프로젝트는 전체 조선생산부문중 선각내업공장에서 수행되고 있는 강판(Plate) 및 형강재(Section)의 가공에서 블럭조립까지의 공정을 대상으로 하여 각종 기술적, 관리적 제약조건 등을 고려하여 최적의 공정계획 및 작업일정계획을 생성하도록 하는 지능형 공정설계/작업일정계획 시스템을 개발하고자 하는데 그 목적이 있다. 이러한 HYCAPS 시스템은 〈그림 1〉에서 볼 수 있는 바와 같이 다음의 3개의 하위 시스템으로 구성된다.

(1) CAD 인터페이스시스템(HYCAPS-CI) : 공정설계와 일정계획에 필요한 각종 기술 및 관리정보를 3차원 모델링 정보로부터 자동적으로 추출해 주는 시스템

(2) 공정설계시스템(HYCAPS-PP) : HYCAPS-CI에 의해 추출된 선박설계정보를 이용하여 선각내업공장에서 블럭(block)을 생산하는데 필요한 가공 및 조립공정에 대해서 기술적으로 타당한 공정정보를 생성하는 시스템

(3) 작업일정계획시스템(HYCAPS-SC) : HYCAPS-PP에서 제공하는 공정설계의 결과를 받아서 세부적인 수준의 작업일정계획을 수립하는 일정계획시스템

본 논문에서는 이러한 전체 HYCAPS 시스템 중 핵심적인 부문이라 할 수 있는 공정설계시스템인 HYCAPS-PP의 개발방안 및 주요내용을 소개한다.

2. HYCAPS-PP의 구조와 접근방안

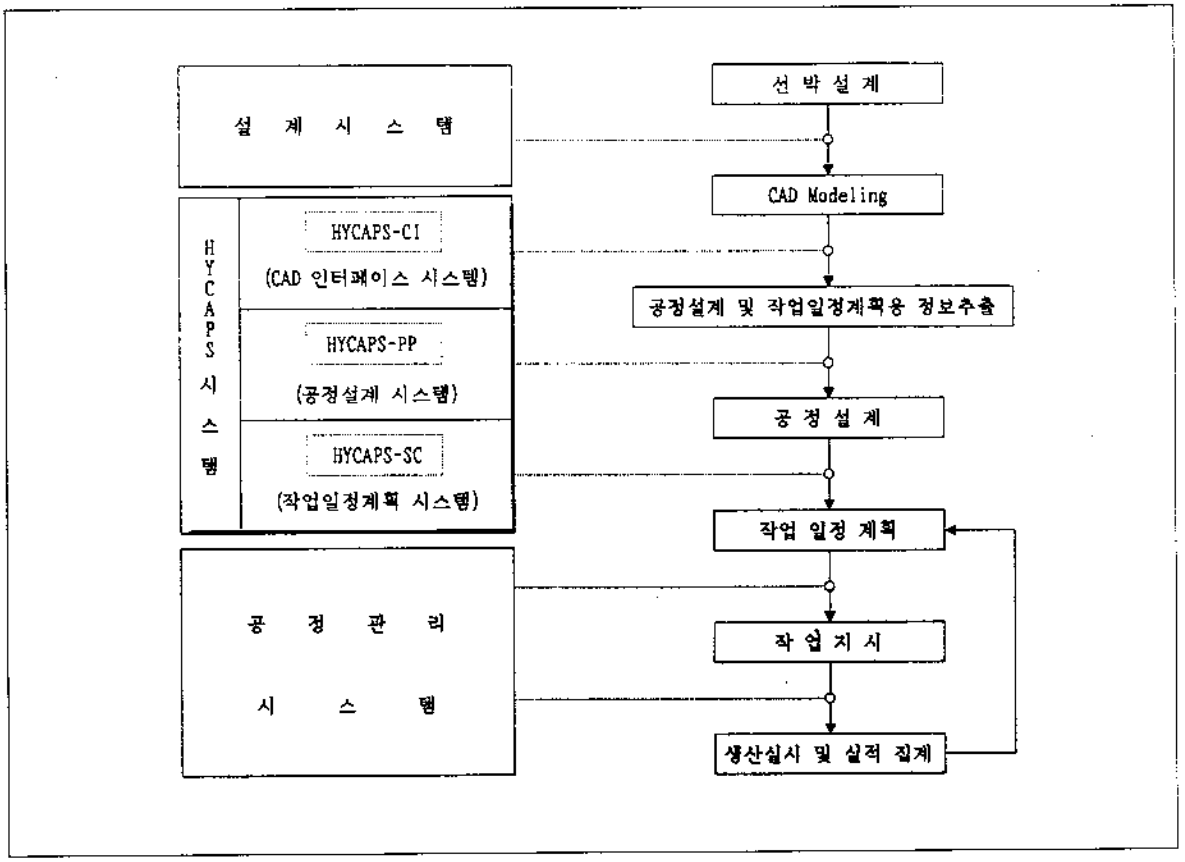
2.1 선각내업 공정설계업무의 흐름

일반적으로 조선공업에서의 선각내업 공정설계는 강재 및 형강재의 가공과 블럭조립을 수행하는 생산공정에 대한 계획이다. 즉, 설계에서 작성된 조립대상 및 가공부재의 기하학적 형상과 치수 등을 기본으로 하여 가공과 조립에 필요한 공정, 장비, 지그, 가공 및 조립의 순서와 조건 등을 선정하여서 부재가공 및 블럭조립에 대한 가공과 조립기술에 대한 정보를 정의하는 계획이다.

공정설계의 입력정보로는 블럭설계 데이타가 사용되며, 공정설계 및 작업일정계획의 결과인 출력정보는 작업지시서의 형태로 제조현장에 전달된다. 작업지시서에는 가공부 및 조립부에서 제조현장의 경험적 지식에 의존하지 않고 상세 작업단위를 수행할 수 있도록 구체적인 작업방법 및 작업시간 등이 제시된다.

각 조선소마다 약간의 차이는 있겠지만 현대중공업(주) 조선사업부에서의 선각내업 공정설계와 관련된 업무를 정보흐름의 관점에서 정리하여 보면 〈그림 2〉와 같이 표현할 수 있다. 여기서 특이한 것은 실제 현업에서는 공정설계라고 하는 명칭이 별도로 사용되지 않고, 이에 해당하는 작업을 나누어 관리하고 있는데 이러한 공정설계와 관련된 작업의 흐름은 다음과 같다. 우선 키플랜(Key Plan), 초기블럭분할(Pre-Block Division) 및 최종블럭분할(Final Block Division) 등으로부터 구조도가 작성되고, 이 구조도로부터 (호선별) 건조방침서, 주관개선요령도 등의 자료를 참조하여 공작도를 작성하게 된다. 이렇게 작성된 공작도에는 제조현장에서 바로 블럭을 조립할 수 있는 공작정보가 대부분 포함되어 있으며, 그 외에 포함되어 있지 않는 정보는 제조현장 작업자의 경험적 지식에 의존하고 있다. 그리고 가공부의 작업을 위해서 공작도로부터 일품도와 nesting 작업을 하고 있다. 이렇게 작성된 공작도, 일품도 및 nesting과 부재표를 각 제조현장으로 보내고 있으며, 이들 도면과 부재표를 근거로 가공 및 조립작업을 수행하는데 주로 제조현장 작업자의 경험적 지식에 의존하여 작업이 수행되고 있다.

〈그림 2〉에 나타낸 선각내업 공정설계시스템은 대표적으로 3개의 처리과정, 즉, 공작도 작성, 일품도 작성 및 nesting 처리과정으로 구성되어 있다.



〈그림 1〉 조선생산관리체계와 HYCAPS 시스템의 역할

2.2 HYCAPS-PP의 구조

HYCAPS-PP는 〈그림 3〉에서 보인 바와 같이 크게 6개의 주요 모듈로 구성되어 있다. 블럭조립을 위한 공작요령의 결정에 필요한 정보를 자동으로 생성해 내는 과정을 각 모듈의 기능과 연관시켜 살펴보면 다음과 같다.

2.2.1 입력 인터페이스

HYCAPS-PP는 다음의 3가지 종류의 정보를 입력받아서 공정설계용 fact base에 저장한다.

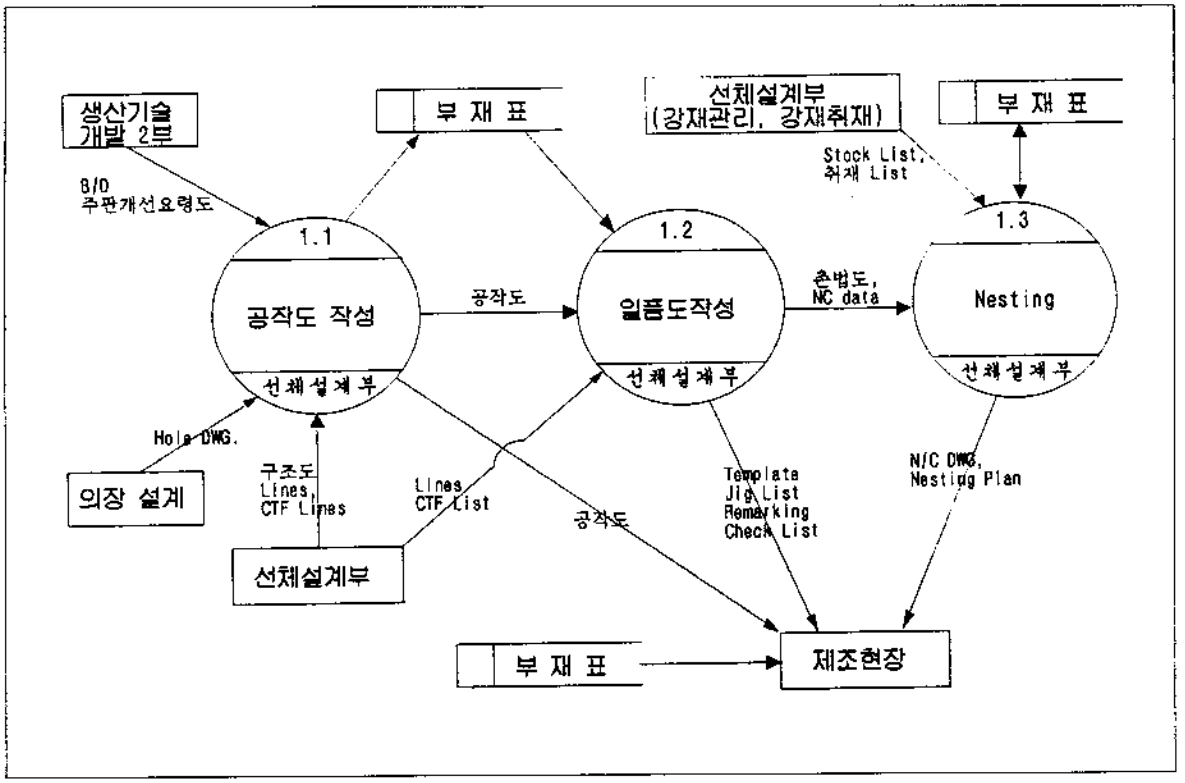
① CAD 인터페이스로부터 생성된 정보

② 작업장 제약조건, 공정계열, 표준공기, 품셈 등의 관련 데이타베이스 정보

③ 공정설계 담당자로부터 직접 입력되는 정보

HYCAPS-PP의 입력정보 중 가장 핵심적인 정보인 블럭구조에 관한 정보는 CAD 인터페이스인 HYCAPS-CI에 의해 현재 현대중공업에서 사용되고 있는 선박설계 CAD 시스템인 AUTODEF로부터 추출된다. 추출되는 정보는 크게 세 가지로 분류되는데, 물품관련, 부재관련 및 용접관련 정보가 이에 속한다. 추출방법은 AUTODEF에서 제공하는 정보추출 마크로와 정보추출용 컴퓨터 프로그램과의 인터페이스를 통해서 이루어진다. 추출정보의 대부분은 기하학적 정보이나 사용자의 요구에 따라 블럭을 구성하는 부재들의 부재번호를 통해 어셈블리-서브어셈블리 관계까지도 추출가능하다.

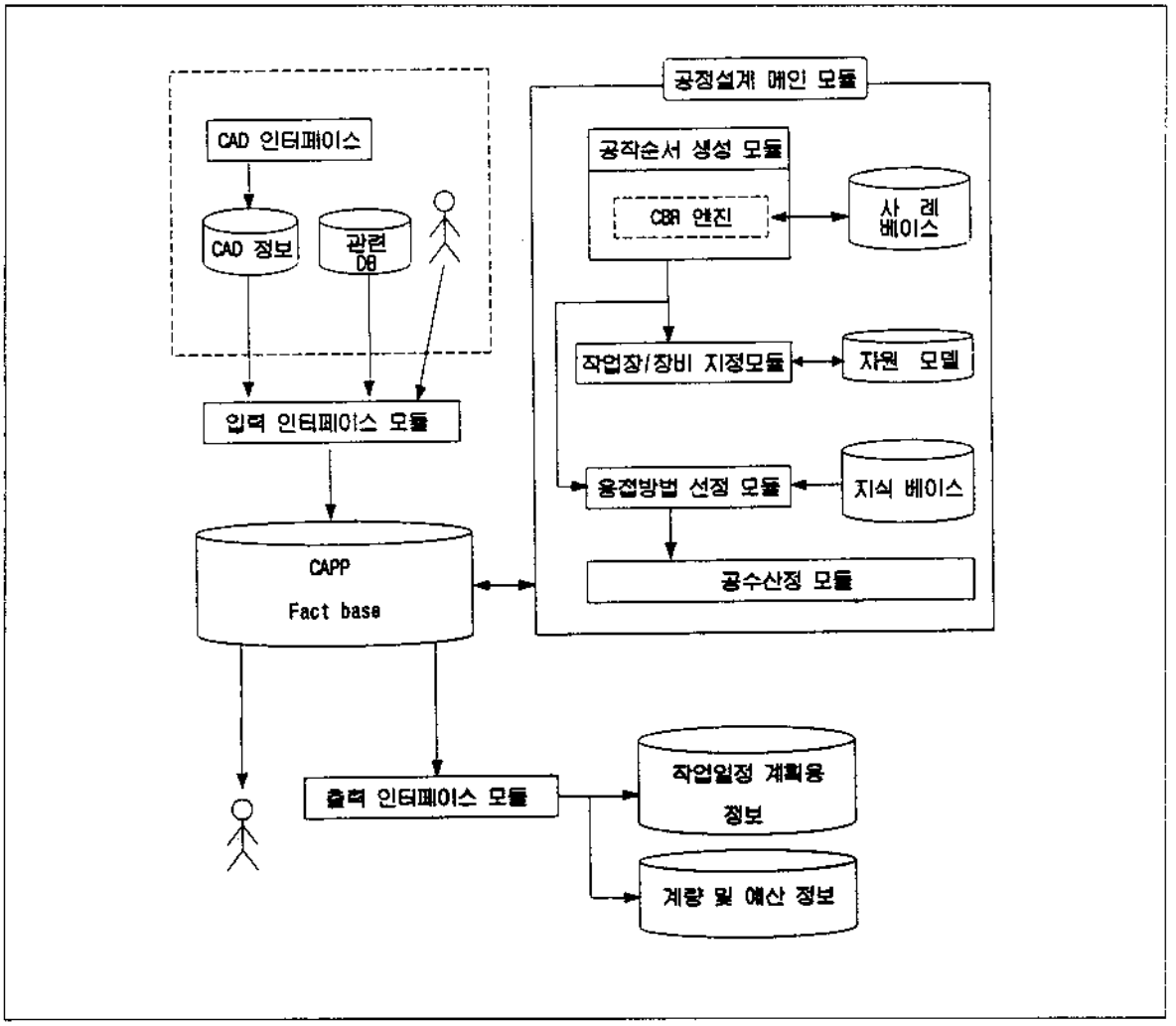
이러한 CAD 인터페이스로부터 생성되는 정보는 블럭을 구성하는 각 부재들의 기하학적 접속관계를 본 연구에서 고안한 PAN(Part Assembly Network) 형태



〈그림 2〉 선각내업 공정설계 업무 흐름도

로 표현되도록 되어 있다. PAN은 지식표현의 대표적인 수단으로 널리 쓰이고 있는 프레임(frame)을 기본으로 한 semantic network의 일종이라 볼 수 있다. 즉, 하나의 부재는 하나의 객체(object)로서 프레임으로 표현되며, 그 부재의 형상에 관한 주요 속성정보와 부재번호는 〈그림 4〉에 표시한 바와 같이 프레임의 해당 슬롯(slot)에 저장되게 된다. 부재번호는 공작도 작성시 소정의 부재번호 부여규칙에 따라서 부여되고 AUTODEF에서 일품도 모델링시에 참조되므로 소조, 중조 및 단위블럭은 부재번호를 인식함으로써 알 수 있다.

설계도에서 서로 접속되어 있는 두 부재는 PAN에서 각각에 해당되는 두 프레임을 지향성 링크(directed link)로 연결함으로써 표현된다. 각 링크에는 접속방향과 접속형태를 표시하는 label이 붙어 있다. 접속방향은 링크가 출발하는 부재(프레임)를 기준으로 그것에 접속된(링크가 도착하는) 부재가 어떤 방향을 향하고 있는 지를 표시한다. 접속방향은 선미방향(AFT), 선수방향(FWD), 바닥방향(BTM), 위방향(TOP), 중앙에서 외곽측벽 방향(OUT) 및 외곽측벽에서 중앙방향(IN)의 6가지로 나눈다. 접속형태로는 〈그림 5〉에 보인 바와 같이 두 개의 부재가 면과 모서리로 접속되는 Face-to-Edge 형(type 0), 두 개의 부재가 각각의 모서리로 접속되는 Edge-to-Edge 형(type 1), 그리고 두 개의 부재가 접속될 때 하나의 부재가 나머지 부재의 면을 관통하는 Through 형(type 2)의 세 가지가 있다. 현재 HYCAPS 시스템의 CAD 인터페이스는 CAD 도면에 부가정보로 들어 있는 부재번호를 참조하여 소조, 중조 및 단위블럭의 그룹을 구분함으로써 계층적인 PAN을 생성할 수 있으며, 〈그림 6〉은 예제 블럭의 입체도와 그에 대응하는 PAN의 형태를 예시한 것이다. 일반적으로 블럭에 대한 PAN은 단위 부재, 소조, 중조 및 단위블럭 레벨로 나뉘어 계층적으로 표현된다. 〈그림 6〉의 (c)는 중조레벨의 한 노드를



〈그림 3〉 HYCAPS-PP의 구조

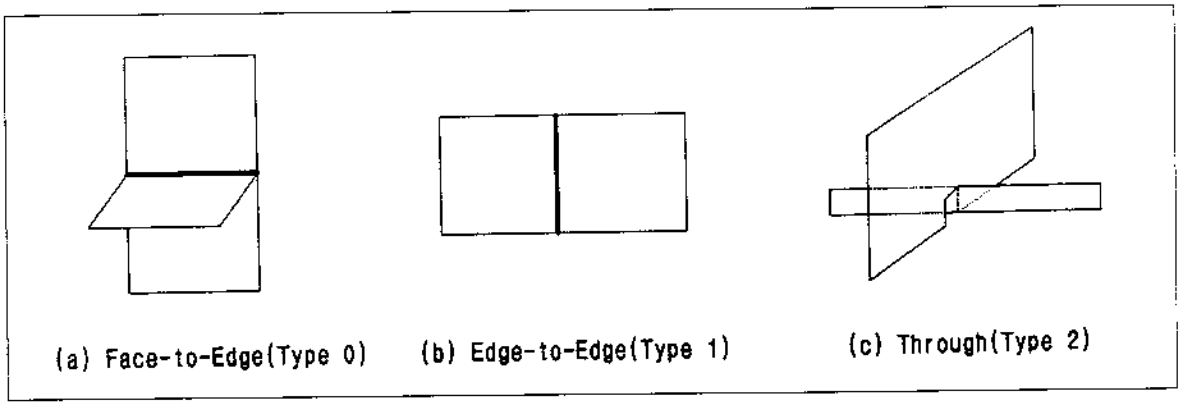
```
{{ AG
   Is-a          : Girder          ; 부품번호
   Width         : 800
   Length        : 9602
   Thickness     : 12
   Location      : S
   Ex_feature    : scallop,hole    ; 부가형상
   Mark_side     : IN
   Connected_to  : FR32A,FR36,FR39B,PA }}
```

〈그림 4〉 부재에 관한 주요 속성정보

전개하여 얻게되는 하위 레벨의 PAN을 보인 것이다.

2.2.2 조립순서 결정모듈

파악된 소조와 중조단위에 따라 PAN이 작성된 다음에 공정설계 시스템이 수행해야 할 작업은 소조, 중조, 단위블럭 및 완성블럭의 조립순서를 자동생성하는 것이다. 소조의 경우는 대개 철판들끼리 맞대기 용접을 한다든지 철판 위에 보강재들을 붙이는 등의 작업과 일부 특수부재들의 용접순서가 정해져 있는 것을 제외하면, 규칙(rule)을 사용하는 규칙기반 추론



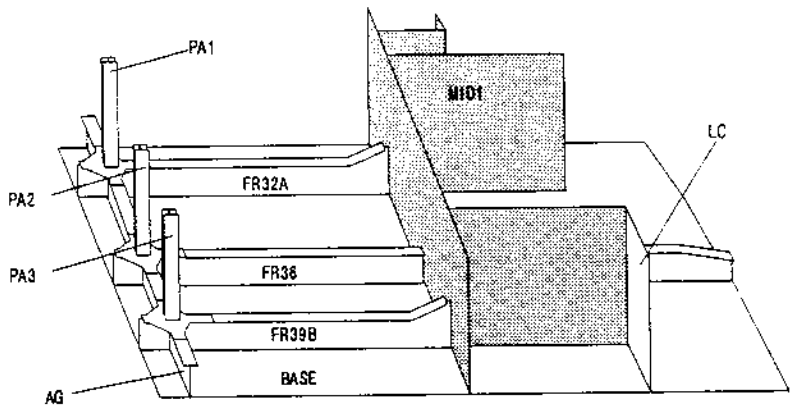
〈그림 5〉 부재사이의 접속형태

(rule-based reasoning)에 의해 조립순서를 유도해 낼 수 있다. 중조 이상의 조립 순서를 자동생성하기 위한 가장 초보적인 접근방법은 일단 가능한 조립순서의 조합을 모두 생성시킨 다음, 3차원 공간추론을 실시하여 간섭현상의 발생유무를 보아 조립이 불가능한 순서조합들을 제거해 나감으로써 가능한 조립순서 조합들만을 찾아내는 것이다. 그러나, 이 방법은 모든 경우의 수를 다 고려해야 하는 일종의 exhaustive search로서 계산시간이 매우 길어질 수 있는 비효율적인 방법이므로 본 연구에서는 사례기반추론(Case-Based Reasoning : CBR) 기법을 활용한다.

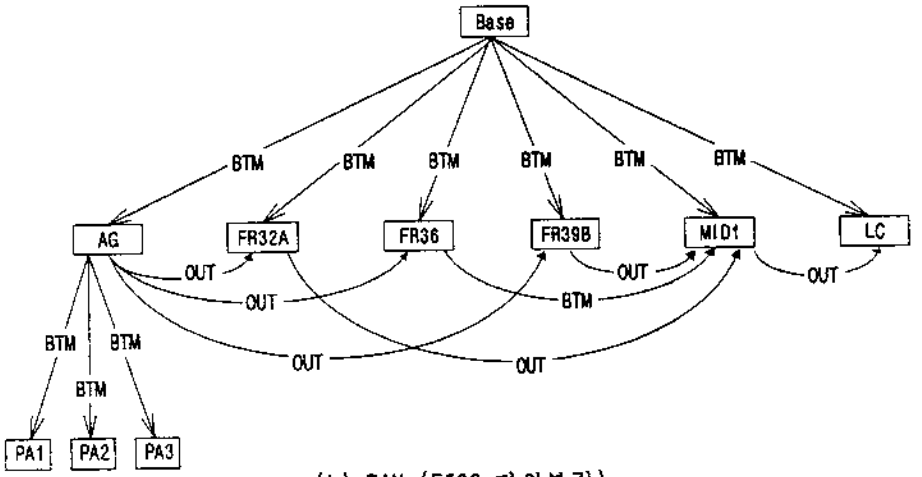
CBR의 기본 개념은 주어진 문제를 해결할 때, 과거의 사례를 참조하여 그 해법을 변용함으로써 짧은 시간내에 효과적으로 해를 구할 수 있게 하자는 것이다. 선각내업 공장의 블럭조립에 이 방법을 적용하기 위해서는 블럭시공 기준서와 전문가의 도움을 받아 블럭들을 유형별로 분류, 각 유형마다의 조립요령을 사례베이스에 저장해 두어야 한다. 차후에 조립순서를 결정해야 할 새로운 블럭이 주어지면 사례베이스로부터 새로운 블럭과 가장 유사한 사례를 찾은 뒤 그것의 조립요령을 필요에 따라 약간 변형하여 새로운 블럭의 조립순서를 만들어 내면 된다. CBR이 성공적으로 활용되기 위해서는, 주어진 블럭과 가장 유사한 블럭을 사례베이스로부터 짧은 시간 내에 효과적으로 찾아 낼 수 있는 indexing scheme의 개발과 찾아낸 사례의 조립요령을 기반으로 하여 새로운 블럭의 조립순서를 추론해 내는 adaptation 기법의 개발이 필요하다[9,10,11].

〈그림 7〉은 HYCAPS-PP에서 사용하는 계층구조 사례베이스의 일부를 보인 것이다. 배의 중앙부에 해당하는 블럭들은 그 구조적 특성에 따라 Bottom Stool, Side Shell, Hopper Tank 등으로 나뉘고, Side Shell 블럭은 다시 Single, Double, 및 Top Side Wing Tank 블럭으로 나뉜다. Double 블럭 아래에는 과거에 건조된 선박들의 선종, 선형별로 실제 블럭들의 조립사례들이 들어 있다. 이러한 계층구조는 주어진 블럭과 유사한 사례를 효율적으로 indexing할 수 있게 해 준다는 점에서 매우 유리하다. 즉, 새로 조립해야 할 블럭이 주어지면 우선 선종, 선형 및 그 블럭의 번호에 따라 블럭의 유형을 파악하여 사례 베이스로부터 가장 유사하다고 판단되는 사례(예를 들면 〈그림 7〉의 Double 아래에 있는 한 사례)를 직접 indexing하여 가져올 수 있는데, 만약 이 사례가 내용상 새 블럭과 일정 기준 이상 부합하지 않는 것으로 밝혀지면 유사한 다른 사례를 검토해 보아야 할 것이다. 계층 구조로 되어 있는 사례베이스에서 유사사례란 같은 parent 아래에 있는 사례들로 일단 한정되므로 유사사례를 찾기가 쉽다.

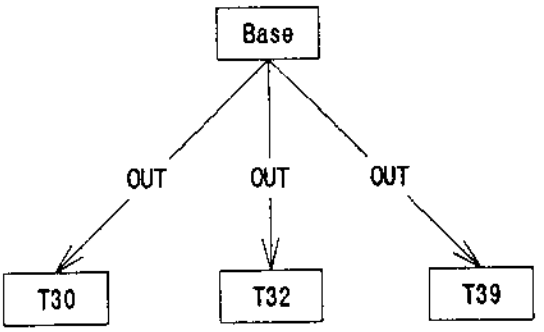
사례의 내용으로는 크게 조립대상블럭의 완성된 구조를 나타내는 PAN과 그렇게 완성하기 위한 조립순서 및 소정의 순서를 따라야 하는 이유를 설명하는 justification 등이 들어 있다. 여기서 justification의 내용은 대부분 조립대상부재들의 구조적 상관관계를 표현하는 것으로 PAN에서의 관련부위의 특징을 묘사하



(a) 입체도 (E532 단위블럭)

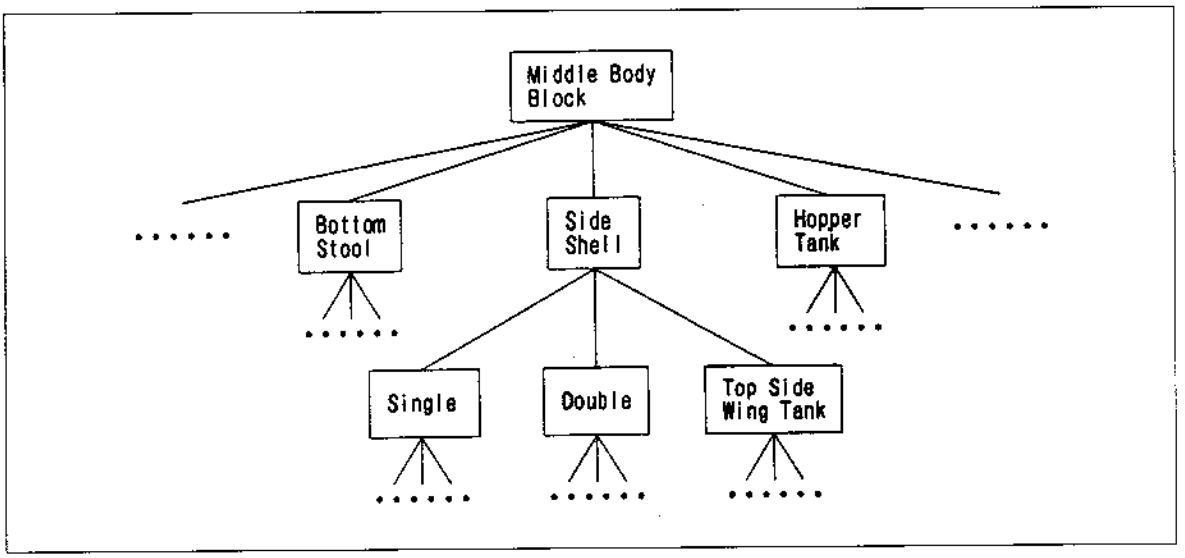


(b) PAN (E532 단위블럭)



(c) PAN ((b)에서 전개되는 MID1 중조)

〈그림 6〉 예제블럭의 입체도 및 PAN



〈그림 7〉 계층적 구조의 사례 베이스

는 것들이다. 새로 조립해야 할 블럭의 조립순서는 사례베이스에서 가져온 유사사례의 조립순서를 변용하는 adaptation 과정을 거침으로써 만들어진다. 먼저, 새 블럭의 PAN과 사례의 PAN을 비교하여 구성부재들을 대응시켜 본다. 부재의 갯수, 부재번호로 표현되는 부재의 유형, 그리고 PAN 상에 나타나는 접속형태가 모두 일치하면 사례의 조립순서에 나타나는 부재들을 새 블럭의 대응 부재들로 단순히 instantiate함으로써 새 조립순서를 간단히 구할 수 있다. 구성부재가 1:1로 대응하지 않을 경우에는, 사례조립순서를 한 스텝(step)씩 따라가며 justification의 내용을 새 블럭의 PAN과 비교함으로써 구조상 역할이 유사한 대응부재를 찾아간다. 이때 대응부재가 없으면 단순히 건너뛰면 된다. 만약, 사례순서상의 인접 두 스텝과 대응하는 새 블럭의 부재들을 찾고 난 후, 새 블럭의 PAN을 보아 두 대응부재들 사이에 접속되어 있는 부재들이 발견되면 그들의 조립스텝을 두 스텝사이에 삽입한다. 이러한 과정이 끝난 후에도 새 블럭에 조립되지 않은 부재가 남아 있으면 이들을 후속스텝으로 연결해 붙인다. 일단 완성된 새 조립순서는 PAN을 기반으로 한 시뮬레이션을 통해 검증되며 문제가 발생하면 사용자에게 보고한다. 새로운 조립스텝들을 추가할 때에는 항상 용접방향을 조사하여 가능하면 공수가 많이 드는 수직 및 상향 용접을 최소화하는 방향으로 결정한다. 용접방향은 PAN의 링크를 봄으로써 쉽게 파악할 수 있다. 또한 중요한 것은 추가되는 스텝들이 공간적으로 간섭현상을 일으키지 않는지 확인하는 일이다. 앞의 〈그림 5〉의 (c)에서 예시한 바와 같이 두 개의 부재가 접속될 때 하나의 부재가 나머지 부재의 면을 관통하는 경우, 관통되는 부재가 관통하는 부재에 앞서서 용접되어서는 안된다. 이는 공정제약조건 중의 하나로 끼워서 밀어 넣는 작업을 할 수 없게 되어 있기 때문이다.

CBR에 의한 조립순서결정이 실패하여 수작업에 의해 순서가 결정되거나, CBR이 성공하더라도 새 조립순서를 만들어 내기 위한 추론과정이 상당히 긴 경우에는 그것을 특이한 새 사례로 간주하여 사례베이스에 추가한다. 계층 구조상에서 새 사례가 삽입될 위치는 추론시 사용되었던 사례와 parent를 공유하도록 정해 주면 된다.

2.2.3 작업장/장비지정 모듈

조립순서가 결정된 후에는 각 조립 stage별로 작업이 수행될 작업장이 지정되어야 한다. 이를 위해서는 기본적으로 각 작업장마다의 정반계열이나 기타 설비 제약조건에 관한 정보를 저장한 데이타베이스를 참조

함으로써 조립이 가능한 작업장을 찾아 낼 수 있다. 그러나, 조립가능한 작업장이 여러 곳일 경우에는 각 작업장의 부하상태를 고려하여 조립완료 요구일에 맞추는데 가장 유리한 곳을 선택하는 것이 이상적이다.

2.2.4 용접방법선정 모듈

조립과정 중 용접부위별 용접방법을 선정하려면 우선 PAN에 표현되어 있는 부재들의 기하학적 접속관계로부터 상향, 하향, 수직 등의 용접방향을 결정하고, 용접대상의 특성을 해당 부재의 프레임으로부터 판독하여 그 특성에 맞는 용접방법을 지식베이스를 참조하여 결정한다.

2.2.5 공수산정 모듈

조립부위별 용접장은 CAD 인터페이스에 의해 계산되어 관련 부재의 프레임에 기록되어 있다. 여기에다 품셈수치 및 기타 관련 조정계수를 곱하여 공수를 산정할 수 있다. 다만, 용접에 대한 작업 여유율은 대상 부위별로 작업공간의 크기나 기타 여건 및 지정된 용접방법별로 난이도를 차별적으로 반영해 줌으로써 보다 현실적으로 정확한 공수를 산출한다.

2.2.6 출력 인터페이스

공정설계 결과 생성된 작업일정계획용 정보와 계량 및 예산수립에 필요한 정보를 해당 시스템에서 활용할 수 있는 형태로 데이타베이스에 저장한다.

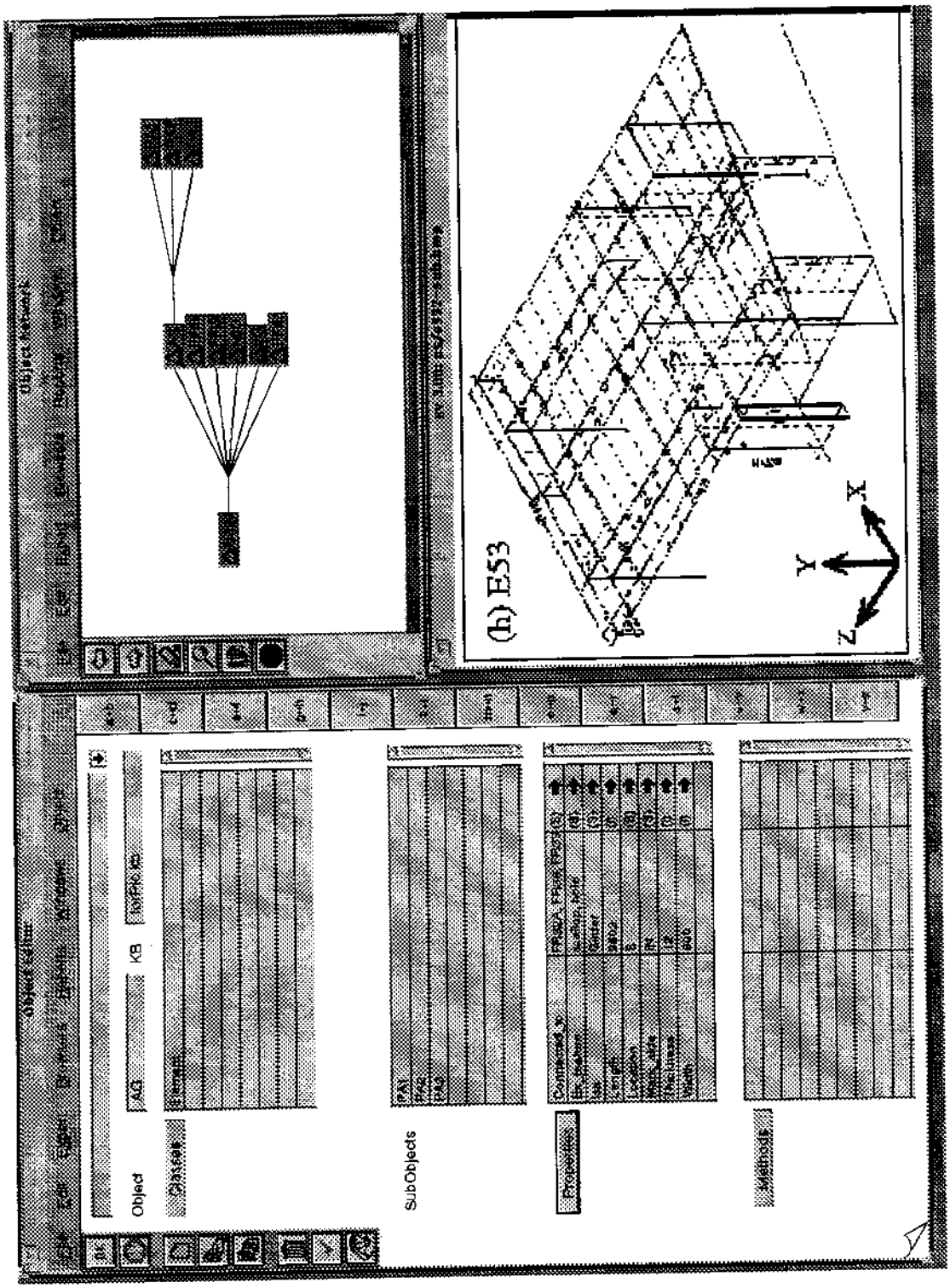
3. 적용사례

적용사례에 사용한 E532블럭은 배의 기관실 중 갑판(Upper Deck)쪽 부위에 위치한 단위블럭으로 그 입체도는 〈그림 6〉의 (a)에 보인 바와 같다. 〈그림 8〉은 CAD 인터페이스에 의해 생성된 E532 블럭의 PAN 중 일부와 CAD로부터 직접 넘겨받은 블럭의 입체도를 함께 전문가 시스템 쉘의 한 화면에 올려놓은 상태를 보인 것이다. 〈그림 6〉의 (b)는 E532의 전체 PAN을 상세히 도시한 것이고, 〈그림 9〉는 E532의 조립순서를 결정하기 위하여 사례베이스로부터 가져온 유사블럭의 사례내용으로 사례블럭의 PAN과 부재의 조립순서 및 순서 결정상의 주요 고려사항인 justification을 보인 것이다.

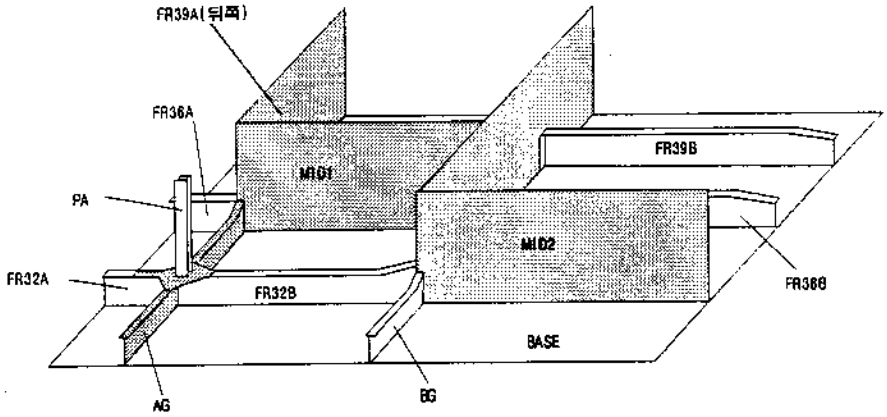
선각블럭의 조립사례들은 선종, 선형 및 구획별로 별도로 사례베이스화 되어 있다. 한 선종의 사례들은 다시 〈그림 7〉에 예시한 것처럼 부위별로 세분화 되어 있다. 따라서, 같은 선종의 유사 선박들 사이에는 어떤 특정 부위에 위치한 블럭들은 구성부재의 종류나 접속관계에 있어서 서로 큰 차이가 나지 않는다. 새로운 블럭이 주어졌을 때 CBR에 의해 조립순서를 결정하기 위해서는 우선 주어진 블럭과 사례블럭의 구성부재들의 상호 대응관계를 찾은 후 사례의 조립순서에 준하여 약간의 필요한 변형을 가하면 된다. 이러한 과정을 효율적으로 수행할 수 있도록 사례에는 주요 기준부재와 그들의 조립순서가 명시되어 있다. 주요 기준부재와 대응되지 않는 부재들은 일반적 선각블럭 조립방식대로 그들의 배치 순서에 따라 베이스 판에 순차적으로 용접해 나가는 것을 원칙으로 하되, 특별한 공간제약 조건이 있으면 그것을 감안하여 순서조정을 해 나가는 방식을 취한다.

〈그림 9〉의 사례에 있는 조립순서는 두 개의 Girder AG와 BG 순서를 기본으로 그 전후간의 부재들을 용접해 나간 것이다. 다만, 중조물 MID2와 Frame FR39B는 앞의 2.2.1절에서 설명한 type 2 형으로 접속되어 있어서 FR39B를 용접한 다음에 MID2를 용접해야 한다는 제약이 있다. 또한, 막대기형으로 생긴 Pillar라는 부재 PA는 Girder AG 상에 부착되어 있는데 이는 AG가 베이스 판에 용접된 후에야 용접이 가능하다는 제약이 있다.

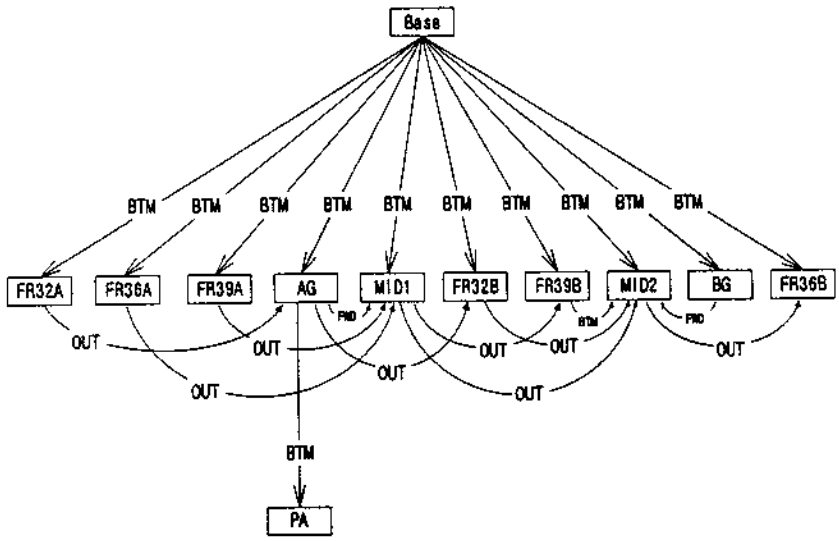
adaptation의 첫 단계에서는 E532의 각 부재를 사례의 부재들과 대응시키는 작업을 한다. 사례의 justification에 주요 기준부재가 AG, BG의 순서로 나열되어 있으므로 E532의 부재 중 첫번째(부재 번호상 alphanumeric하게 앞선) Girder인 AG를 사례의 AG와 일단 대응시킨다. E532에는 더 이상의 Girder가 없으므로 사례 justification의 다음 항목인 FR39B와 MID2의 순서제약을 보고 E532의 PAN으로부터 대응부재의 후보로 FR36과 MID1을 각각 지목한다. 사례 justification의 마지막 항목을 E532의 PAN과 비교하면 사례의 PA가 E532의 PA1, PA2, PA3과 모두 대응될 수 있음을 쉽게 알 수 있다. 이상의 대응 관계와 사례의 조립 순



〈그림 8〉 전문가시스템 쉘에 의해 구현된 화면 예



(a) 입체도




```
Assembly Sequence:
        (FR32A  FR36A  FR39A  AG  MID1  FR32B  FR39B  MID2  BG  FR36B  PA)
Justification
        (Primary_parts AG  BG)
        (BTM  2  FR39B  MID2)
        ((BTM  0  BASE  AG)
         (BTM  0  AG  PA))
```

(b) PAN

(그림 9) 대상블럭(E532)의 유사 사례

서로부터 E532의 잠정적 조립순서로 (AG→FR36→MID1→PA1→PA2→PA3)를 제안한다. Pillar들의 조립순서를 (PA1→PA2→PA3)으로 한 것은 동종 부재의 조립은 특별한 이유가 없는 한 부재번호순으로 한다는 일반적 규칙을 따른 것이다. 지금까지 E532에서 사례와 대응되지 못하고 남아 있는 부재는 FR32A, FR39B, LC의 3개이다. E532의 Frame FR32A와 FR39B는 PAN을 보면 모두 Girder AG로부터 OUT 방향으로 접속되어 있고 사례의 PAN에는 Girder AG의 OUT 방향으로 Frame FR32B가 접속되어 있으므로 E532의 FR32A와 FR39B가 모두 사례의 FR32B와 유사하다는 판단을 내릴 수 있다. 사례에서 FR32B가 AG 다음에 조립되었다는 점을 감안하여 E532의 FR32A와 FR39B를 역시 AG 다음에 두되 부재번호순의 규칙을 따름으로써 E532의 잠정 조립순서는 (AG→FR32A→FR36→FR39B→MID1→PA1→PA2→PA3)으로 보다 상세화 된다. 마지막으로 남은 E532의 LC는 사례에 대응되는 부재가 없다. 그러나, E532의 PAN을 보면 LC가 MID1의 OUT 방향으로 접속되어 있고, E532의 MID1과 대응하는 사례의 MID2에 OUT 방향으로 접속된 부재가 사례의 조립순서상 MID2 다음이면서 PA 앞에 놓여 있으므로, E532의 조립순서는 다음과 같이 결정된다.

(AG→FR32A→FR36→FR39B→MID1→LC→PA1→PA2→PA3)

이상과 같이 CBR 기법을 적용한 E532의 조립순서를 제조현장 작업자의 검증을 통한 결과, 실제 제조현장에서 수행하는 조립순서와 동일하였다.

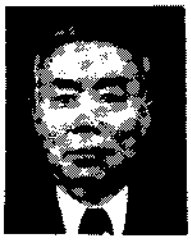
4. 결 론

조선공업에서의 CIMS 구현을 위하여 국내외적으로 많은 연구가 수행되어 부분적으로 어느 정도 성과를 나타내고 있으나 전체적인 관점에서는 아직까지 가시화된 연구결과가 제시되지 못하고 있는 실정이다. 그 이유는, 일반적으로 CIMS의 구현을 위해서는 생산관리의 핵심이라 할 수 있는 공정설계 및 일정계획 시스템의 자동화가 필수적인데 조선공업이 갖는 특수성으로 인하여 이 부문에 대한 자동화가 걸림돌로 작용되고 있기 때문이다. 이를 해결하기 위해서 본 연구는 선각내업 공정설계 및 작업일정계획 자동화 시스템을 개발하기 위한 HYCAPS 프로젝트를 수행 중인데, 본 논문에서는 이러한 연구내용 중 일부인 공정설계·자동화시스템인 HYCAPS-PP의 개발내용을 소개하였다. 특히 개발된 HYCAPS-PP의 프로토타입을 실제 블럭(E532)의 공정설계를 위해 직접 적용시켜 봄으로써 보다 완전한 시스템으로의 개발 가능성을 충분히 확인할 수 있으며, 이러한 공정설계 시스템을 포함하여 전체 HYCAPS 시스템이 개발되면 조선 CIMS 실현을 위한 기초가 될 것으로 생각된다. 이를 위해서는 첫째, 현재 개발된 HYCAPS-PP의 프로토타입을 완전한 시스템으로 구현해야 할 것이며, 둘째, 작업일정계획 시스템인 HYCAPS-SC의 개발 및 CAD 인터페이스 시스템인 HYCAPS-CI의 개발이 이루어져야 할 것이다.

【참고 문헌】

1. 舟公岡宏一郎, "造船 CIMSとは", Techno Marine 일본조선학회지 제759호, pp.651-657, 1992. 9.
2. 峯村隆久, 雨宮俊幸, 堀内一敏, "造船 CIMSの ための 工程管理 システムの 構築", 일본조선학회 논문집, 제170호, pp.827-841, 1991. 12.
3. 雨宮俊幸, "造船 CIMSの ための 工程設計 システムの 構築", 일본조선학회 논문집, 제170호, pp. 843-856, 1992. 11.
4. 이재원외 6인, 대우조선의 CIMS 구축을 위한 시스템 통합 방법 연구, 대우조선공업주식회사, 1993.
5. 이재규외 11인, 대우조선의 일정관리 전문가시스템의 개발, 대우조선공업주식회사, 1991-1993.
6. 박광호외 7인, "조립일정계획 시스템: STEPS", 한국전문가시스템학회 학술대회논문집, 1993.7.
7. Kusiak, A., *Intelligent Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, 1990.
8. 小山健夫, 本田拓英, "造船 CIM 構築の ための 工程管理 システムに 關する 基礎的 研究", 일본조선학회 논문집, 제166호, pp.415-423, 1989. 11.

9. Riesbeck, C. and Schank, R., *Inside Case-Based Reasoning*, Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, NJ, 1989.
10. Kolodner, J., *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
11. Shinn, H., "Case-Based Reasoning(Tutorial)," *'93 Korea/Japan Joint Conference on Expert Systems*, Seoul, 1993.



조규갑
1982년 Pennsylvania주립대학교 산업공학과 공학박사
1992년 3월 - 1994년 2월 부산대학교 공과대학 학장
현재 부산대학교 산업공학과 교수, 기계기술연구소 소장
주요관심분야: 생산시스템공학, 전문가시스템의 응용, CAPP, CIM 등

류광렬
1979년 서울대학교 전자공학과 학사
1981년 서울대학교 전자공학과 석사
1983년 3월 - 1984년 8월 충북대학교 컴퓨터 공학과 전임강사
1992년 University of Michigan 컴퓨터 공학 박사
1992년 3월 - 1993년 2월 Ford Motor Company, Scientific Research Lab. 선임연구원
1993년 3월 - 현재 부산대학교 컴퓨터 공학과, 조교수
주요관심분야: 인공지능, 기계학습, 사례기반 추론, Genetic Algorithm, 최적화, 인공지능의 생산시스템 응용 등

최형림
1979년 서울대학교 경영학과 졸업
1986년 KAIST 경영학과 석사
1993년 KAIST 경영학과 박사
현재 동아대학교 경영정보학과 부교수
주요관심분야: 전문가시스템, 의사결정지원 시스템, 생산정보시스템, 조선생산관리 등

이수홍
1981년 2월 서울대학교 공과대학 기계공학 학사
1983년 2월 서울대학교 공과대학 기계설계학 석사
1983년 3월 - 1994년 2월 한국기계연구원 선임연구원
1991년 8월 미국 Stanford 대학 기계공학 박사
1991년 6월 - 1992년 5월 Lockheed Missile & Space Co. Consultant
1994년 2월 - 현재 연세대학교 공과대학 기계공학과 조교수

정동수
1971년 부산대학교 기계공학과 졸업
1993년 울산대학교 대학원 산업관리공학 석사
현재 현대중공업(주) 조선사업기획부 이사
주요관심분야: 생산관리, 생산자동화

윤성태
1981년 부산대학교 조선공학과 졸업
1991년 미국 미시간대 대학원 조선생산관리 전산응용 석사
현재 현대중공업(주) 조선사업기획부 차장
주요관심분야: 전문가시스템 응용, 최적화, CIM