

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第 32 卷 第 3 號 1995 年 8 月  
 Transactions of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 32, No. 3, August 1995

## 전문가시스템의 지원을 받는 블럭분할 CAPP 시스템

이재원\*, 황인식\*\*, 이용재\*\*\*

### A Block Division CAPP System Supported by Expert System

by

Jae Won Lee\*, In Sik Hwang\*\* and Yong Jae Lee\*\*\*

#### 요 약

본 연구는 선체 블럭분할 작업을 지원하는 CAPP(computer aided process planning) 시스템 개발에 관한 것이며, 시스템 명은 BLOCK 이다. 시스템의 구성은 블럭분할선을 생성하는 전문가시스템과, 블럭분할선의 평가와 편집을 할 수 있는 분할 평가 및 수정 시스템으로 이루어져 있다. 전문가시스템의 추론 기법으로는 사례기반추론(case-based reasoning)기법을 이용하였다. 블럭분할선은 분할선 편집기에서 그래픽적으로 편집할 수 있고, 만족도 평가는 별도의 평가표 윈도우 상에서 할 수 있다. 전문가시스템은 워크스테이션 상에서 전문가시스템 개발 도구인 NEXPERT Object를 사용하여 개발하였다. 본 연구에서의 대상 선종은 VLCC 이다.

#### Abstract

We describe here the research work concerning the development of the CAPP(computer aided process planning) system, named BLOCK, designed to support block division of ship. The system consists of the expert system part generating block division lines, and their evaluation and editing one. As a reasoning approach of expert system, the case-based reasoning is used. The division lines can be graphically edited and the satisfaction measure of block division can be checked up in the evaluation stage with separate window. The expert system is developed by using NEXPERT Object development tool in the workstation. Currently the target ship is VLCC.

---

발 표 : 1994년도 대한조선학회 추계연구발표회 ('94. 11. 12)

접수일자 : 1994년 12월 19일, 재접수일자: 1995년 7월 4일

\*정회원, 인하대학교 자동화공학과

\*\*KIST

\*\*\* 인하대학교 대학원 자동화공학과

1. 서론

생산 활동을 수행하는 많은 제조 업체들은 생산 정보 체계의 자동화를 통한 생산성 향상을 위하여 제품의 설계로부터 공정 계획(process planning)을 비롯한 제품 생산 전반에 걸쳐 정보처리 단계들을 컴퓨터를 이용하여 통합된 하나의 생산 시스템(computer integrated manufacturing)으로 발전시키고 있다. 따라서 조선 산업의 다양한 제조 과정을 체계적이고 효율적으로 관리한다는 측면에서 CIM기술의 적용은 필수적이라 하겠다[1][2][3][4][5][6].

기존의 조선 산업에서의 선체 블록분할 작업은 초기 도면을 중심으로 공정 설계의 전문가가 블록분할선을 결정하고, 관련된 블록분할 작업을 수작업으로 처리하여 그 업무의 효율이 비교적 비 능률적이었다. 이러한 점에서 컴퓨터원용공정계획(computer aided process planning) 시스템의 개발이 요청된다.

전문가시스템은 관련 전문지식을 효과적으로 컴퓨터 내에 표현하여, 문제를 신속, 정확하게 해결하면서 동시에 균일한 의사 결정을 수행할 수 있고, 시스템의 구축 및 운용 시 지식의 추가 또는 수정을 통하여 정보의 관리나 운용 환경 변화에 쉽게 적응할 수 있는 특성이 있어 전문 분야의 의사 결정 업무에 적합한 기술이다[7][8][9][10]. 이에 본 연구에서는 블록분할업무에 전문가시스템기술을 적용하였다. 전문가시스템만으로 분할 업무를 충실히 대체할 수 있는 실용 시스템의 수준이 되려면, 지식 획득(knowledge acquisition)이 충분해야 하고, 특히 전문가로부터의 지식 추출(knowledge extraction)이 용이해야 한다[12][13]. 그러나 현실적으로 이 업무에 관련된 접근 가능한 지식의 대부분이 정리되어 있지 못하거나 완전한 정리가 되려면 충분한 시간이 잠정적으로 더 소요되리라 판단되어 시스템화가 가능한 부분은 전문가시스템으로 처리하고, 전문가시스템에 반영되지 못한 분할 지식은 전문가로 하여금 직접 처리하도록 하는 후처리 시스템을 갖도록 개발 전략을 취하여 컴퓨터원용공정계획이 신속하게 실용화가 가능하도록 하였다. 따라서 수정과 보완을 위한 후처리 시스템도 초기 설계 CAD 시스템과 별도 운영 가능한 그래픽 기능을 구현하여 분할선 수정 등에 이용되고, 또한 분할 결과의 주요 점검 항목에 대한 점검에서도 대화형 작업이 가능하도록 원도우 기능을 충분히 반영하여 시스템의 기능을 설계하였다.

전문가시스템의 추론 기법으로는 지금까지 자주 이용되어 온 규칙기반추론(rule-based reasoning) 기법이 있다. 이 기법은 전문가의 지식이 수많은 규칙 단

위로 쪼개어 표현되어야 하며, 패턴매칭(pattern matching)이 실패할 경우 전혀 문제를 풀 수 없게 되며, 학습(learning) 기능의 구현에 별도의 기법을 사용해야 하는 등의 단점이 있다[11]. 따라서 본 시스템은 전문가시스템의 추론 기법으로써 이러한 규칙기반 추론의 단점을 보완하기 위해 과거의 경험을 중심으로 한 사례기반추론(case-based reasoning) 기법을 이용하여 문제의 표현 및 의사 결정을 하는 시스템을 개발하였다. Fig. 1은 개발된 블록분할 CAPP 시스템인 BLOCK의 의사 결정 흐름도이다.

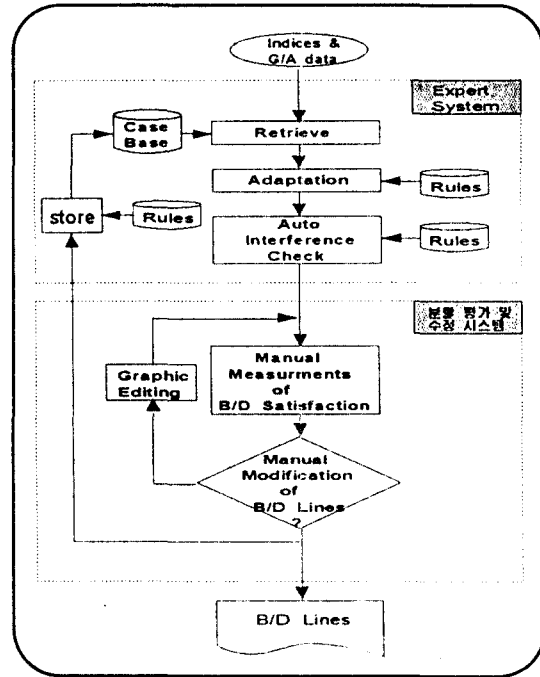


Fig. 1 Structure of block division CAPP system

2. 시스템 입력 정보의 특성

대상 문제 선박을 분할하는데 있어서 필요한 시스템의 입력 정보는 단면 형상의 구조적인 특징정보 및 형상정보로 구성되는데, 이들은 초기 설계 결과인 분할 단면도와 일반배치도(general arrangement)로부터 얻어진다.

구조 정보는 다수의 인덱스(index)로 정의되어 사용자는 이의 값을 시스템에 입력하게 된다. 따라서 다음 장에서 설명된 전문가시스템의 지식베이스(knowledge base)에 구축한 사례베이스(case base)에는 과거 경험된 분할 사례에 대한 인덱스와 인덱스 값이 저

장되어 있어야 하며, 대상 선박과 인덱스 값을 비교하여 유사 사례 선정에 이용된다. 인덱스는 선체 중앙부의 분할 단면의 특징에 따라 부분적으로 다르며, 선수부, 선미부 그리고 엔진룸(engine room)에 따라서도 물론 다르다. 주요 인덱스로는 선종, 선각 타입, 단면 타입, 주요 부재의 위치와 개수 등이 있다. 형상 관련 정보 중의 폭, tank top의 길이, bilge radius 등은 인덱스로 사용되었고, 그 외의 형상 관련 정보는 분할선의 위치값 결정에 사용된다. 이들 정보와 전송된 인덱스 관련 정보의 입력은 시스템과 대화식으로 입력하는 수작업 입력 방식과 초기 설계 CAD 시스템으로부터 파일의 형태로 자동으로 입력하는 방식이 있을 수 있으나, 개발된 시스템은 현재 텍스트 편집기를 통해 부재 명과 수치 데이터들이 실행 중 화일 입력 형식에 따라 입력된다. 향후 대화형으로 입력 처리할 계획이다 [15].

**3. 블럭분할 전문가시스템**

블럭분할 전문가시스템의 추론 기법으로는 과거의 사례를 근거로 하여 문제를 해결하는 사례기반추론기법을 이용하였다[11,12,13]. 따라서 본 연구에서는 주어진 문제와 유사한 분할 경험 사례를 사례베이스(casebase)에서 추출(retrieval)하는 사례 추출 단계, 분할하고자 하는 대상 선박에 추출 사례의 분할선을 적용(adaptation)시키는 사례 적용 단계, 제안된 해에 대해서 검사(test)를 하는 검사 단계로 나눌 수 있다.

사례기법추론 기법으로 문제를 해결하기 위해서는 우선 사례(case) 단위로 지식이 표현되어야 하는데 사례의 표현과 개발된 시스템에 관한 내용들은 단계별로 다음과 같다.

**3.1 분할 사례의 지식 표현**

분할 사례를 표현하기 위해서는 사례의 특징을 나타내는 인덱스와 인덱스의 값이 표현되어야 한다. 각 사례는 객체(object)로 정의되며, 문제 인덱스부와 해 인덱스부의 두부분으로 구분된다. 문제 인덱스부에는 과거 경험 사례를 특징짓는 2장에서 언급된 구조 및 일반 관리 정보가 인덱스로 정의되고 그 값들이 저장되며, 문제 인덱스의 적절한 선정이 성공적인 사례 지식 표현의 관건이 된다[13]. Table. 1은 문제 인덱스의 예이다.

해(solution) 인덱스부는 각 사례에 대한 분할선 정보를 표현하며, 분할선의 위치 값이 선체 중앙부(car-

Table 1 문제 인덱스의 예

이름:	Value:
*****	*****
shipType_1:	VLCC:
hullType_1:	double:
section_1:	midship-bhd:
numLbhd_1:	4:
portion_1:	parallel:
.....	.....
tankTopLength_1:	58000:
bilgeR_1:	3000:
*****	*****

go hold)인 경우에는 절대 값으로, 선수미부인 경우에는 상대 위치로 저장되어 있다. Table. 2는 해 인덱스의 사례 저장 예이다.

Table 2 해 인덱스의 예

이름:	startX:	startY:	endX:	endY:
*****	*****	*****	*****	*****
stbdDiv:	-29000:	2880:	-20930:	3000:
portDiv:	29000:	2880:	20930:	3000:
crstCenter1Div:	-5720:	16480:	-5720:	14360:
btmRightDiv:	-10995:	0:	-10995:	3000:
btmLeftDiv:	10995:	0:	10995:	3000:
deckRightDiv:	-10995:	32000:	-10995:	3000:
deckLeftDiv:	10995:	32000:	10995:	3000:
tankTopCenterDiv:	10845:	3000:	-10845:	3000:
deckHeightLeftDiv:	29000:	23480:	10920:	23480:
.....	.....	.....	.....	.....
*****	*****	*****	*****	*****

**3.2 유사 사례**

주어진 문제와 유사한 사례의 추출을 위한 사례베이스의 효과적인 탐색을 위해서는 사례 베이스의 구조를 체계화시키는 것이 필요하다. 이를 위하여 개발된 시스템에서의 사례 베이스는 차별망(discrimination network)을 이용하여 구성하였다[13]. 차별망을 이용한 사례의 추출 과정은 다음과 같다. 사례 추출부에서는 입력된 대상 문제 선박의 인덱스 정보를 가지고 차별망의 루트 노드(root node)로부터 출발하여 인덱스별 디멘전 매칭(dimension matching)을 하여 성공하면 현재 노드에 대한 디멘전 매칭을 수행하고, 실패했

을 경우에는 현재 노트에서 입력 대상 선박과 가장 유사한 노트를 결정하여 디멘전 매칭을 수행하도록 하였다. 디멘전 매칭 결과 도달된 차별 망의 말단 노트에 연결되어 있는 사례를 유사한 사례로 추출한다. Fig. 2는 선체 중앙부 Midship단면에 대한 차별망을 나타낸 것이다.

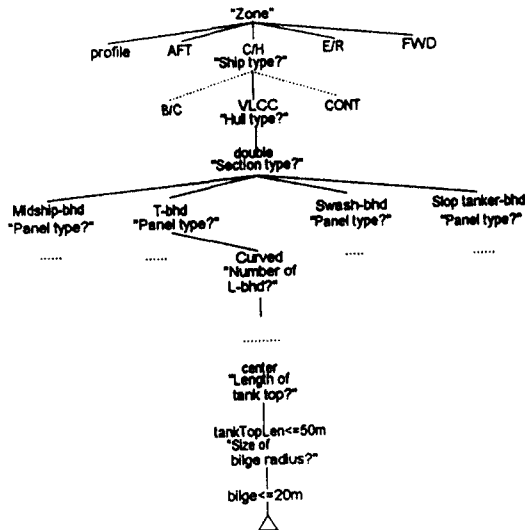


Fig. 2 Discrimination network of case base

### 3.3 사례의 적용

사례 적용(case adaptation)은 추출된 유사 사례의 해를 적절히 변환하여 주어진 문제를 해결한다. 적용 과정은 추출 사례와 입력 대상 문제의 인덱스 값을 비교한 후, 동일한 구조의 선박으로 결정되면 사례 선박의 해(solution)를 문제 선박의 분할선으로 곧바로 제시한다. 상이한 점이 존재한다면 주어진 대상 문제 선박 형상에 맞게 추출된 해를 수정한다. 시스템에 정의된 적용 지식은 치수 적용, 분할 휴리스틱(heuristics)에 의한 구조 적용의 두 단계로 수행된다.

처음 단계로는 분할 단면의 선체 구조에 대한 적용으로 유사 사례 추출 시 매치되지않은(unmatched) 구조 관련 문제인덱스가 있으면, 이에 대한 상이점을 규칙기반의 관련 규칙을 이용하여 적용시킨다.

두 번째 단계는 부재 치수에 대한 적용이다. 이는 입력 대상 선박과 추출 사례 선박이 상이한 형상 위치 값을 갖고 있을 경우에 추출 사례의 기준 부재에 대한 치수를 입력 대상 문제의 해당 부재의 치수로 대체한다. 예로서, 비교 선박의 폭이 다를 경우, 폭에 의해서 분할선의 이동이나 삭제, 추가가 있을 수 있으므로 치수

적용을 하여야 한다. 이 두 단계를 거치는 동안에 N-EXPERT Object 에서 제공하는 'CreateObject' 기능을 사용해서 새로운 사례 객체를 시스템의 실행 중에 동적(dynamic)으로 생성하고, 'Write' operator 를 사용하여 분할선의 텍스트(text) 정보를 출력한다 [15].

### 3.4 테스트(test)

사례 적용을 통해 분할선이 제안되면 대상 선박의 주어진 단면도 내에 있는 주요 부재와 간섭이 일어나는지의 여부가 간섭 회피를 위한 관련 규칙을 사용하여 자동으로 검사된다. 필요한 경우 적절한 수정이 자동으로 처리된다. 간섭 회피를 위한 관련 규칙의 예와 내용은 다음과 같으며 코드는 NEXPERT Object로 표현한 것이다.

- 중앙 단면에 설정된 분할선들이 파이프 관통 위치와 간섭이 일어날 경우, pipe의 side 위치에서 10 mm 바깥쪽으로 이동된 분할선을 다시 설정한다. 그리고 간섭이 발생하는지 다시 검사한다.

\* 적용규칙의 예:

```
(@RULE=R37 (@LHS=
    (Yes (interference_adaptation_vertical_test)))
    (@HYPO= interference_vertical_line)
    (@RHS=
        (Do (pipeSide+10) (pipeSide))
        (Reset (interference_vertical_line))))
```

```
(@RULE=R36 (@LHS=
    (IsNot (Input_GA_data.filename) ("Quit")))
    (( ((pipeSide-stiffSpaceBtm*N-100)) (0))
    () ((pipeSide-stiffSpaceBtm*N+100)) (0)))
    (@HYPO= interference_adaptation_vertical_test))
```

### 3.5 분할선의 출력

분할이 끝나면 전문가시스템은 분할선 정보를 텍스트로 제공하나 이의 검사와 수정을 고려하여 그래픽으로 출력되도록 모듈을 개발하였다. 분할선은 단면도와 함께 Fig. 3과 같이 화면상에 출력 도시된다.

### 4. 분할 만족도 평가 및 수정

사용자는 시스템이 제안한 분할선에 대하여 분할평가표(division evaluation table)를 이용하여 해의 적합성 여부를 수동 검사하고 분할선 편집기를 이용하여 분할선을 수정하여 최종 의사 결정을 한다.

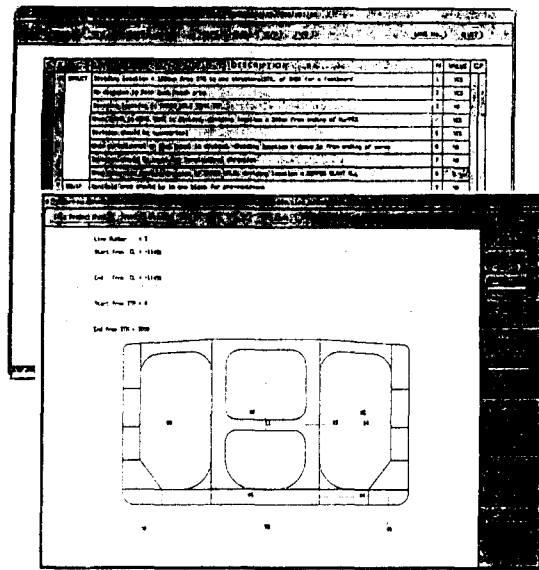


Fig. 3 Proposed division lines

4.1 분할 만족도 평가

전문가시스템에서 제안된 블럭 분할선 정보는 사용자에 의해서 최종적으로 분할평가표를 이용해서 분할의 적정성이 점검된다. 전문가시스템에 있는 간접 검사 기능이 자동으로 수행되는 반면에 이 기능은 자동 검사 기능에서 처리하지 못했던 항목에 대하여 사용자가 직접 계산하거나 판단하는데 목적이 있다. 검사 결과는 항목별로 Yes/No/Unknown의 값으로 처리되며, 결과 값이 No인 분할 휴리스틱에 대해서는 다음에 언급될 분할선 편집기에서 수정이 행해지게 된다. 따라서 이 기능을 사용해서 사용자는 분할 대상 선박에 대한 최종 분할 선을 확정하고 결과를 기록하는데 이용할 수 있다.

분할평가표를 이용해서 평가받게 되는 항목의 예는 다음과 같다.

- 용접장의 최소화 여부
- 탑재 시 홀로 서기 여부
- 블럭간 일량의 균일성 여부
- 의장 집중 구역은 같은 블럭내로 분할하여 선행 의장의 가능성 여부
- 선수 BOW 구조를 한 블럭으로 분할 가능성 여부

시스템에서 처리되는 선수머 방향 분할선 좌표의 생성 규칙 예와 규칙에 대한 분할 휴리스틱은 다음과 같다.

- 단면의 위치가 곡부이며, 폭(B)이 50m 보다 크거나 작을 때의 분할 규칙이다. 블럭의 폭은 최대 25m이며, Main Deck 단면의 폭에 따라서 분할선의 위치와 블럭 개수가 결정된다.

\* 분할선 좌표 생성 규칙

```

IF 1 < B/25m =< 2 (단면의 폭이 50m 이하일 때)
THEN Main Deck의 center 부분을 분할한다..
ELSE(
IF 2 < B/25m =< 3 (단면의 폭이 50m 를 초과할 때)
THEN Main Deck 'KNUCKLE LINE' 위치를 고려하여, K.L에서 구조를
이용한 블럭 분할이 될 수 있도록 한다
IF K.L 사이의 거리가 25m이하이고((klLoc*2) =< 25m ), 양 K.L과
side shell 과의 거리 25m 이하이면 ( (B/2 - klLoc) =< 25m )
THEN K.L를 경계로 center, port, stbd의 3부분으로 Main Deck를 분할
한다.
ELSE L-BHD의 위치를 확인하여 L-BHD를 따라 블럭 분할이 되도록 한다
IF crosstie가 center에 있을 경우
THEN L-BHD의 center쪽 면에 의장이 선행 되어야 하므로 mold line
에서 side 쪽으로 75mm 떨어져서 분할
ELSE crosstie가 side에 있을 경우
THEN L-BHD의 side쪽 면에 의장이 선행되어야 하므로 mold line에서
center 쪽으로 75mm 떨어져서 분할
    
```

4.2 분할선 편집기

분할평가표에 따른 분할 만족도에 따라서, 사용자는 시스템에서 제안한 분할선을 위치 이동(move), 삭제(delete), 추가(add) 시킬 수 있는 연구가 수행되었고 현재 대화식 처리가 가능하다[14]. 수정 및 추가된 분할선은 간접 자동 점검과 필요시 분할평가표를 재 작성될 수 있도록 하여 분할선의 검토가 충분히 검토되도록 하였다. 사용자는 Fig. 3의 화면 상에서 수정 작업이 함께 가능하다. 또한 분할선 수정 편집기는 CAD 시스템과 접속을 고려하고 있으나, 제안된 분할선을 수정 편집기 윈도우 상에서 그래픽적으로 생성, 삭제, 위치 이동을 할 수 있도록 하여 독립적으로도 사용 가능하도록 설계되어 있다.

5. 사례의 저장과 학습(learning)

전문가시스템에서 제안한 분할선 정보가 평가 항목의 검사, 수정 단계를 거쳐 최종 분할선이 확정되면, 사례 관리기에서는 대상 문제 선박에 대한 분할선 정보를 새로운 사례로서 저장할 것인지, 아닌지를 결정하게 되며, 사례로서 저장이 된다면 차별 망의 어느 노드(node)에 저장될 것인지를 처리하게 된다. 이러한 기능을 통하여 차 후 유사 문제도 추출 가능케 함으로서 기억에 의한 학습(learning by remembering) 기

능이 부여되게 하였다[11,12,13].

**6. 설명(explanation)**

사용자의 요구에 따라 전문가시스템은 추출된 유사 사례와 적용된 적용 규칙들을 보일 수 있다. 또는 시스템으로부터 제안된 분할선에 대하여 수정이 있었을 경우 수정에 대한 검사 결과도 사용자에게 제공된다.

**7. 검토 및 결론**

전문가 시스템을 개발하는데 있어서는 표현된 지식의 적절함에 대한 확인(verification)과 기능 및 해에 대한 유효성 검증(validation) 과정이 필요하다[7]. 확인에 대한 것은 개발 도구로서 사용한 NEXPERT Object 에서 제공하는 규칙 망(Rule Network)과 객체 망(Object Network)을 이용하여 규칙의 구조 및 실행 과정을 그래픽적으로 확인하였다[15]. 시스템의 기능에 대한 유효성 검증은 시스템의 각 모듈별로, 설명 기능에 의해서 생성되는 설명의 내용을 분석하여 검증하였다.

현재 시스템은 전문가에 의해서 검증을 받고 있으며 실용화를 위해서는 새로운 사례의 보완과 더불어 당분간 검증이 계속되어야 한다.

개발된 시스템 BLOCK은 전문가의 선체 분할선에 대한 의사 결정을 지원한다. 분할선의 생성은 전문가 시스템기술을 적용하여 처리하였다. 추론 기법으로 사용된 사례기반추론(case-based reasoning)은 전문가의 블럭분할 작업과 매우 유사하였으며 지식 표현과 시스템 구현이 비교적 용이하였다. 분할선의 출력 정보는 현장 전문가의 표현을 최대한 반영하여 분할선의 위치 표현을 특정 기준 위치에서의 거리로서 표현하였기 때문에 수치 값의 의미를 직관적으로 알 수 있다는 면에서 사용자에게 적합하다고 사려된다. 유사 사례 추출 과정에서는 차별망을 이용하여 대상 문제 선택과 가장 유사한 사례를 추출하였고, 추출된 사례는 적용 단계와 자동 검사 단계를 거쳐, 후처리부인 분할선 만족도 평가 단계와 분할선 그래픽 수정 편집기를 이용하여 대상 선택에 적합한 분할선 정보가 최종적으로 확정된다. 전문가시스템의 지식베이스의 확장과 학습 기능의 부여를 사용자가 원하면 처리되도록 하였고 이러한 접근은 사례가 일정한 수준으로 축적될 때까지는 필요할 것으로 판단되나 적절한 단계의 결정은 차후 연구가 필요할 것이다.

또한 초기 설계 CAD 시스템과 개발된 블럭분할

CAPP 시스템과의 입출력 인터페이스 모듈이 완성되면 시스템의 활용도는 더욱 증가될 것으로 판단된다. 왜냐하면 실제 분할이 분할선 정보를 이용하여 Solid modeling CAD 시스템으로 블럭별 물리량(무게, 용접장, 표면적 등)을 계산하고 다시 CAPP 시스템으로 정보를 제공하면 시스템 BLOCK의 분할선 만족도 평가가 더욱 용이하게 되기 때문이다.

본 연구는 현재 대형 원유 운반선(VLCC)을 대상으로 하여 개발되었으나, 타 선종으로의 부분적인 적용도 가능하며 구축된 지식의 모듈화된 구조에 따른 시스템의 투명성으로 필요한 경우 확장도 비교적 큰 어려움이 없으리라 사려된다.

**후 기**

본 연구는 대우중공업(주)의 지원으로 수행되었으며 이에 관계 제위께 감사드립니다.

**참 고 문 헌**

- [1] U.Rembold, B.O.Nnaji, A.Storr, Computer Integrated Manufacturing and Engineering, Addison Wesley, Grate Britain, 1993.
- [2] David D. Bedworth , Mark R. Henderson, Philip M. Wolfe, Computer-Integrated Design and Manufacturing, Mc GRAW-HILL, Singapore, 1991.
- [3] 일본조선진흥재단, 1991년도 조선 CIMS PILOT MODEL 개발 보고서, 日本, 1991.
- [4] 이규열, "선박설계 생산전산시스템(CSDP) 개발 추진 현황", 대한 조선학회지, 제 30권, 제 4호, pp. 7-9, 1993.
- [5] 이재원 외, 대우조선의 CIMS를 위한 공정 계획 Prototype 시스템 개발 연구, 인하대학교, 1994.
- [6] Jaewon Lee et al, "Case-based block division planning in shipbuilding", Proceedings of the Seventh International Conference on the Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems, Austin, USA, pp.13-17, 1994.
- [7] Adedeji B. Badiru, Expert systems Applications in Engineering and Manufac

- turing, Prentice Hall, USA, 1992.
- [8] Chang T.C, Expert Process Planning for Manufacturing, Addison Wesley Inc, USA, 1990.
- [9] Kamran Parsaye, Mark Chignell, Expert Systems For Experts, Jhon Wiley & Sons, USA, 1988.
- [10] Giarratano, Riely, Expert Systems Principles and Programming, PWS-KENT, USA, 1989
- [11] Stephen Slade, "Case-based reasoning : research paradigm", AI Magazine, Spring 1991, pp.42-55, 1991.
- [12] Riesbeck, C. and Schank, R. Inside Case-based Reasoning . Lawrence Erlbaum Associated Inc. 1989.
- [13] Janet Kolodner. Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann, USA, 1993.
- [14] 이재원, 황인식, "조선 블럭분할 공정계획을 위한 솔리드 모델링 CAD의 기능연구", 대한조선학회지, 제 31권, 제 1호, 1994.
- [15] Neuron Data Inc. NEXPERT OBJECT User's Guide, USA, 1991.