

## 조선 생산계획 시스템 연구 개발 사례

서완철\* · 장세진\*\* · 김재근\*\* · 이광주\*\* · 이재동\*\* · 김종곤\*\*

### The Development of Production Planning System for Shipbuilding

W.C.Seo · S.J.Jang · J.K.Kim · K.J.Lee · J.D.Lee · J.G.Kim

#### 1. 서론

대우중공업 옥포조선소는 1991년도부터 첨단 기술의 정보를 조선 업무에 도입, 응용하여 「조선 CIMS」를 추진해왔다. 그 중에서 조선 생산계획 시스템 개발을 우선적으로 추진하였으며, 산학협동 연구와 Pilot 시스템 개발로 그 실용성을 검증하였다. 특히 사내 자체 인력으로 실용시스템을 개발하여 실무에 적용함으로써 업무의 동기화, 통합화, 효율화를 추구하고 있다.

본고는 조선 생산계획 시스템의 연구 개발에 있어 적용한 정보기술, 추진방법 및 현 상태와 그 과정에서 취득한 교훈 등을 소개하고자 한다.

##### 1.1 조선 생산계획의 업무 위상과 문제점

본 고에서 말하는 생산계획이란 공정, 일정을 포함해서 말하며, 시스템 연구 개발 범위는 <그림 1>에서 음영으로 표시한 부분이다. 이러한 조선 생산계획은 설계와 생산을 연결하는 교량적인 업무로 중간 제품의 분할, 조립 및 탑재순서와 작업일정 등을 결정할 뿐만 아니라 설비 사용, 인력배치 운용, 자재수급 계획의 기본이 된다. 결국 인력과 물량흐름을 결정하게 된다.

생산계획의 목표는 부하 평준화, 설비 가동률 및 회전율의 극대화, 재고 및 재공품의 최소화를 통해서 공기 단축, 원가 절감, 생산성 향상을 기하는 최적안을

결정하는 것이다. 이 목표를 당사의 생산 방식이나 설비 특성을 고려하여 세분화해 보면 <그림 2>와 같이 요약할 수 있다.

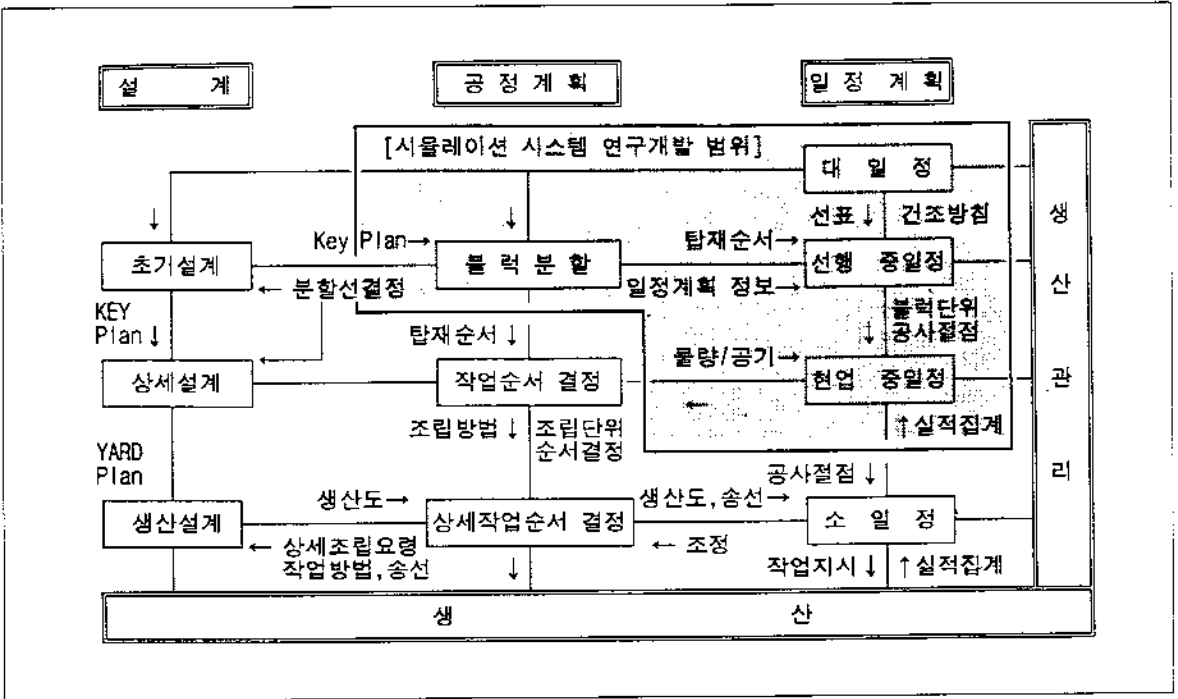
생산계획 업무를 수행함에 있어서는 업무의 분업화, 방대한 량의 생산정보 취급, 적합한 Tool의 미비로 인하여 업무의 중복과 지연, 최종안의 적합 여부 판단 곤란, 객관성 부재 등과 같은 많은 비효율성 면과 문제점을 갖고 있는 것이 현실이다. 특히 초기 생산정보는 생성 후 빈번한 수정과 변경으로 정보간 불합리(모순)가 발생하고, 기능간 정보전달의 오류와 지연이 발생하고 있다. 또한 수작업 의존도가 높고 전용 Tool의 미비로 상황 변화에 대한 대응이 늦어진다. 그리고 실무전문가의 경험이나 Knowhow에 대한 의존도가 크기 때문에 문제 해결에 대한 공동대응이 어렵고 기술의 축적 및 계승도 어렵다. 본 고에서 취급하는 업무와 결부시켜 문제점을 구체적으로 정리해 보면 다음과 같다.

##### (1) 중간 제품의 크기 결정 (블럭-)대조립품->중조립품->소조립품)

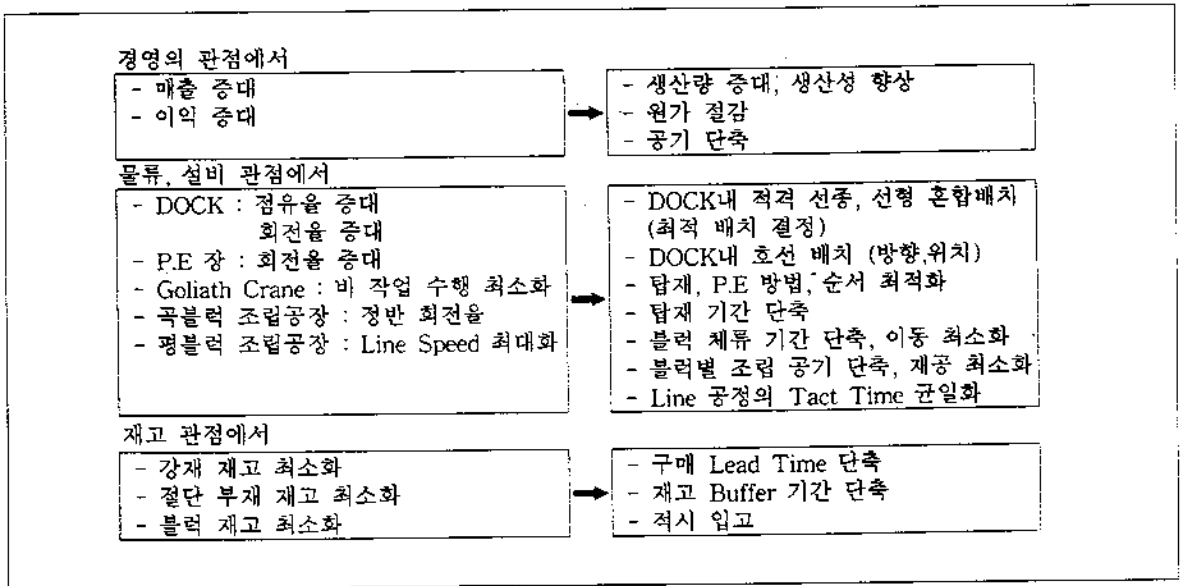
중간 제품의 크기는 초기설계로부터 기본 도면을 접수한 후 건조대상 호선의 구조적 특징, 설비 제한, 공법 등을 고려하여 결정하는데, 설계의 변경에 따라 즉각적인 대응이 곤란하다. 또한 업무의 착수가 늦어지면 강재 구매, 생산일정 확정 등의 후속 업무에 큰 영향을 미친다. 그리고 대부분의 업무가 특정 전문가

\* 대우중공업(주) 옥포조선소 조선생산관리실장

\*\* 대우중공업(주) 옥포조선소 조선생산관리실 SYSTEM연구팀



(그림 1) 조선 업무 연관도



(그림 2) 생산에 있어서 중요 관심사 (과제)

의 수작업에 의존하고 있어서 Knowhow 및 기술의 계승은 물론이고 시뮬레이션 또한 어렵다. 그리고 블럭

분할후 물량 산출, 탑재순서 결정은 추정적인 개략 정보에 의존하기 때문에 후공정(공정, 일정 계획)에서

이를 적용한 경우 생산부하의 판단에 오류가 발생할 수 있다.

### (2) 생산 공정 결정 (탑재, 조립)

생산 공정은 탑재순서와 공장 내에서의 조립 순서를 결정함에 있어 개별 호선으로 진행된 후에 도크 Batch 상황을 고려하여 결정하는데, 수많은 경우의 수를 상정할 수 있으나 데이터량이 방대하므로 시뮬레이션, 최적 여부 판단, 데이터 변경 등이 곤란하다.

### (3) 생산 일정 결정

생산 일정계획은 대, 중, 소일정계획으로 나누어져 다단계 계획수립이 불가피하기 때문에 탑재, 조립, 의장, 도장 등의 공정별 계획수립 자체가 분업화되어 있어 계획자간 사고와 방법이 서로 다르고, Activity 구분 및 표현도 각각양색이다. 이로 인해 계획간 불일치(계획 자체의 모순)가 발생하고있다. 그리고 생산 일정계획을 근거로 출도, 자재 구매 및 입고 시기를 결정하는데, 생산 일정의 수시 변동에 비해 도면, 자재의 납기 조정이 어렵고, 설계 부하 조정은 더욱 곤란하다.

### (4) 기타

유사 실적선의 건조 경험에 의존도가 높는데 비해 실적선의 자료를 재활용하는 것은 취약하여, 거의 새로 작성할 경우가 많다. 현장에 출도되는 정보가 도면, 공법, 일정, 소요자재 등 개별적이며, 현장의 문제 개선사례, 경험 축적 및 Feedback 등이 취약하고, 유사한 문제가 재발하는 것이 현실이다.

## 1.2. 문제 해결의 접근 방법

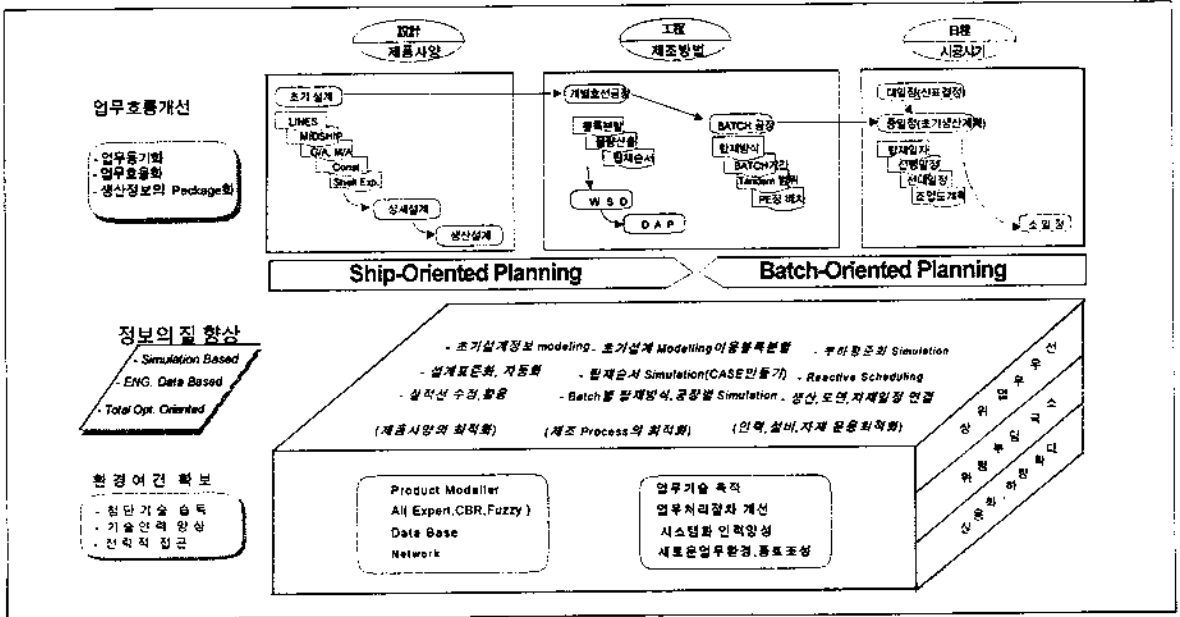
본 사례에서는 앞서 언급한 생산계획의 관심사를 충족시키고, 업무 수행상 야기되고 있는 문제를 근원적으로 해결하기 위해서 초기 공정계획 단계에서부터 생산 일정계획 확정까지 업무가 원활하게 진행될 수 있도록 통합 시스템을 설계하였다. 즉, 초기 설계의 모델링 정보를 이용하여 블럭분할을 하고, 호선별 블럭 탑재 순서의 타당성 검토를 하고, Batch별로 각 호

선의 타당한 경우를 조합하여 최적의 탑재방식을 찾고, 각 Stage 또는 조립 공장별 설비, 인력부하를 평준화시키도록 하였다. 각 응용 시스템은 기초 데이터의 자동생성과 시뮬레이션이 가능하도록 기능을 설계하였으며, 실적선의 자료나 전문가의 Knowhow를 축적할 수 있도록 데이터베이스와 지식 베이스를 설계하였다.

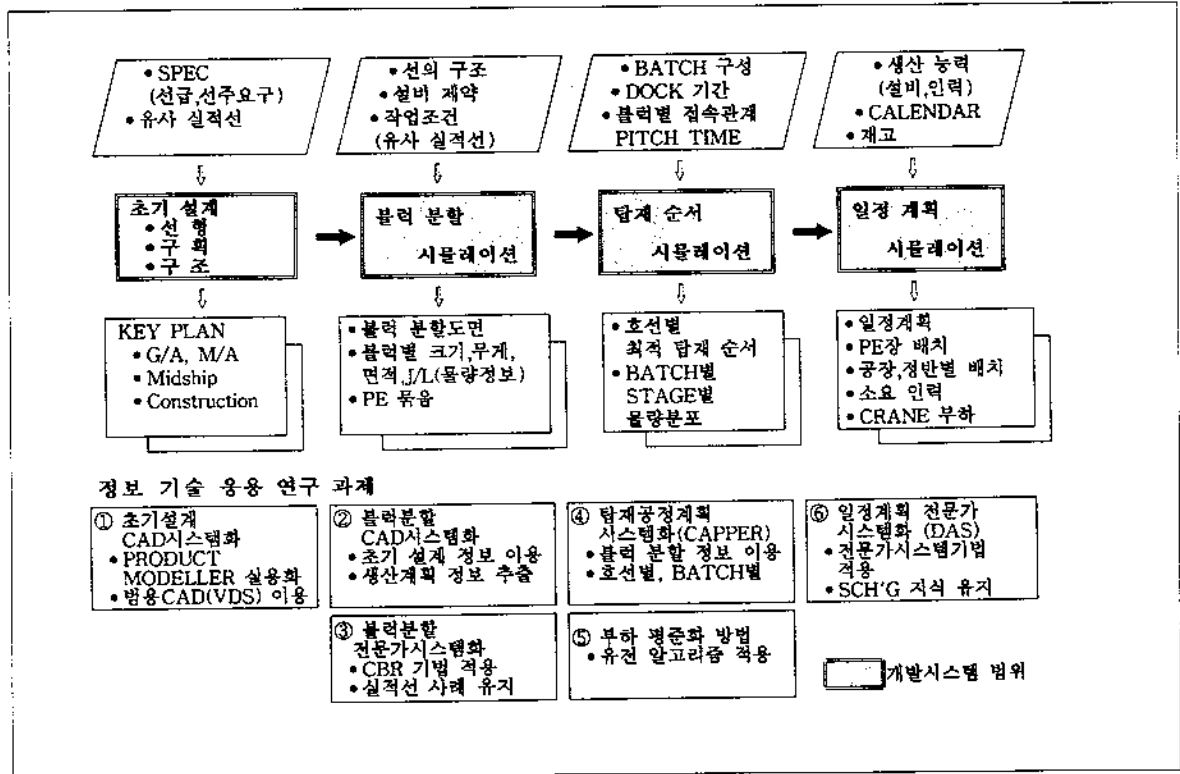
응용 시스템의 구현 목표로서는 Engineering 데이터를 바탕으로 충분한 시뮬레이션을 통해서 전체 최적을 탐색하도록 하였다. 이 연구와 병행해서 실제 업무 처리 절차의 간소화, 일상 사용 데이터의 표준화, 실적선의 자료 정리 등 전산화 이전에 취해야 할 업무 개선과 전문가(실무 전문가, 시스템 개발자)양성을 위한 교육, 훈련을 실시하였다. 새로운 시스템 개발의 효율화와 완성후 사용 부서에서 수용할 수 있는 풍토 및 환경 여건 조성에도 주력하였다(〈그림 3〉) 일관화 시나리오 참조).

각 응용 시스템은 업무의 효율화와 최적화를 도모하기 위해서 국내의적으로 응용되고 있는 새로운 기술을 접목하였다. 도입한 정보 기술로서는 Product Model(제품정보 구성), Case Based Reasoning(사례 기반 추론), Genetic Algorithm(유전 알고리즘), Rule Based Reasoning(지식베이스 추론)을 응용하였다. 개념 도입과 개발 방법론에 대해서는 대학 연구팀이 담당하였으며, 당사에서도 전문 인력을 대학으로 파견하여 핵심 기술을 습득하고 공동 개발하여 자체적인 확대 개발 능력을 확보하도록 하였다. 현재는 이렇게 개발된 Pilot 시스템으로 실용성을 검증한 후 사내 인력으로 이를 변환, 수정하여 실용 시스템을 구축하고, 실무에 단계적으로 적용, 확대해 가고 있다. 또한 공동개발 기간 중에는 산학의 교량 역할을 수행하는 대응팀(실무와 전산 경험자)을 두어 상호 커뮤니케이션을 원활하게 하였다.

당사의 응용 시스템과 정보 기술 연구 과제의 관계를 보면, 〈그림 4〉와 같다.



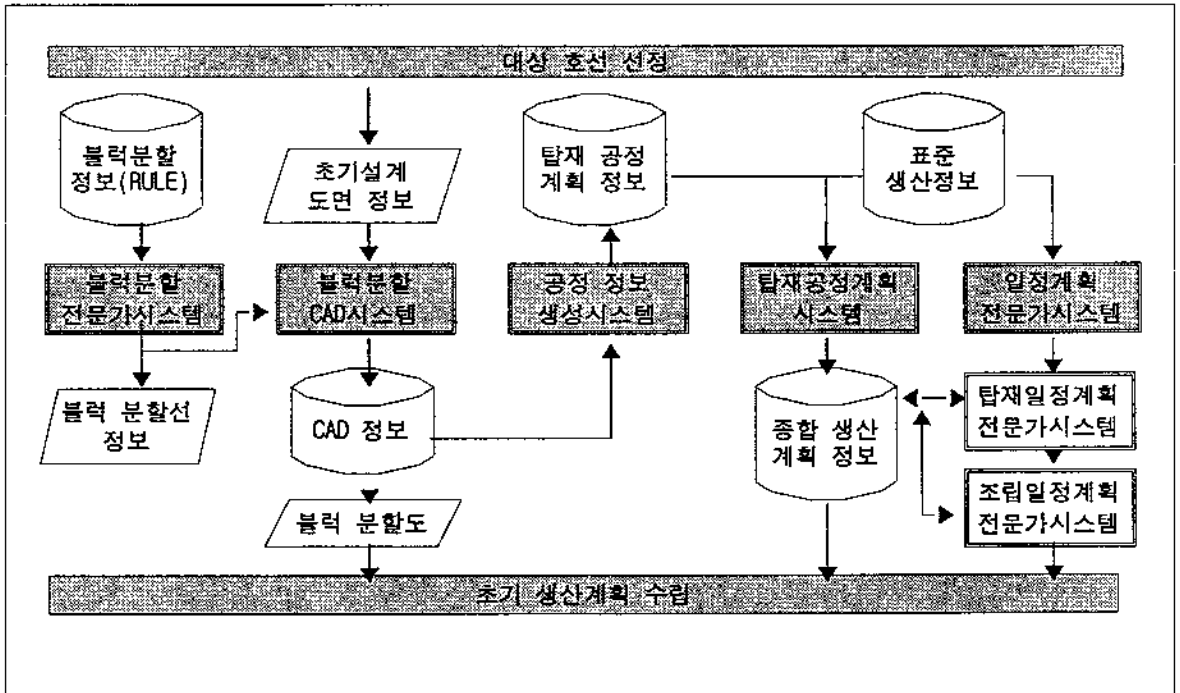
〈그림 3〉 일관화 시나리오



〈그림 4〉 업무흐름 개략과 연구과제의 관계

〈표 1〉 생산계획 시스템 연구 개발 현황 요약표

업무	개발 시스템	연구 개발 내용	개발방법	시스템 환경
공정 계획	블럭분할 CAD 시스템	· 실적선 블럭분할 모델 구축(VLCC) · 블럭분할 CAD 정보 추출 기능 개발	대학-기초, 자체 개발	· 범용CAD(I/G VDS) · PPL(I/G 제공) · P/C Version(C++)
		· 탑재 공정계획 시스템과 Interface		
	블럭분할 전문가시스템	· Prototype 시스템 개발 · CBR기법에 의한 블럭분할 사례 구축 · 블럭분할 Knowledge Base구축	산학공동 개발	· 범용 Expert Shell (Nexpert Object) · EWS Version(C++)
	탑재 공정계획 및 평가 시스템	· 탑재 공정계획 Simulation 시스템 개발 · 초기 일정계획 정보 생성 · 최적화 방법 연구(유전알고리즘)	대학-기초, 자체 개발	· P/C Version · C++
일정 계획	대일정(선표) 전문가시스템	· Pilot 시스템 개발 · LP 기법 적용(공정별 Load 최적화)	산학공동 개발	· EWS Version · UNIK Expert Shell
	선행종합 중일정 계획시스템	· 가공~탑재 생산 및 자체,도면일정계획 · 탑재일정계획의 조정 및 결과 출력	자체 개발	· P/C Version · C++
	탑재 일정계획 전문가시스템	· 조립 ~ 탑재 중일정계획 시스템 · Tree 탐색 기법 적용	산학공동 개발	· EWS Version · UNIK Expert Shell (국내 개발 Tool)
	평조립 일정계획 전문가시스템	· 평블럭 조립공장(PBS) 중일정계획 · Main-Line Cycle Time 최적화		
	곡조립 일정계획 전문가시스템	· 곡블럭 조립공장(3DS) 중일정계획 · 공간 Sch'g에의한 최적 정반활용		



〈그림 5〉 생산계획 시스템 구성도

## 2. 생산계획 시스템 개발 현황

지금까지 연구 개발한 응용 시스템은 블럭분할 CAD 시스템, 블럭분할 전문가시스템, 탑재공정 계획 시스템, 일정계획 전문가시스템이며, 이들은 산학공동 연구를 통해 Pilot시스템으로 개발되었다. 이들에 대해서 연구 개발 내용, 방법 및 시스템 환경을 요약하면 <표 1>과 같다. 본 사례를 통해 설계, 공정, 일정의 기능간 정보 일관화를 전제로 통합 시스템의 기능 및 구조를 설정하고, 신규 개발할 시스템을 규명하였으며, 실제 사용 환경에서 네트워크 및 통합 데이터베이스 구축에 관한 접근 방법과 그 가능성을 검토하고 있다. 현재 시스템간 Interface는 각 시스템별 데이터베이스를 통해 연결하고 있으며, 통합 시스템과 연계하여 가능성을 검토하고 있다. 생산계획 시스템의 전체적인 구성은<그림 5>와 같으며, 이후 각 시스템별 적용범위, 개발 방법 및 현황, 기대 효과를 요약한다.

### 2.1 블럭분할 CAD 시스템 구축

블럭분할 CAD화를 위해서 당사는 산학 공동연구 프로젝트를 통해 CAD화의 개념 및 요구 기능, 범용 CAD의 적합성, 모델링 표준화, CAD 데이터 통합 등을 연구하였다. 연구개발의 첫 단계로 CAD상의 요구 기능과 이에 따른 실용화를 고려하여 블럭분할 CAD화의 절차를 정립하였으며, 이에 따라 실적선에 대해 선형 및 구획 모델링, 구조 모델링, 블럭분할, 정보추출 등 일련의 과정을 통해 한 호선(VLCC)에 대해 블럭분할 모델을 구축하였다. 또한 실용화시 요구되는 일부 기능을 자체 개발하였으며, 블럭분할 CAD화 모델은 "실적선 활용"과 "신규호선 적용"이라는 2가지 측면을 고려하여 구축하고 있다. 범용 CAD를 이용, 초기 공정계획의 블럭분할 업무에 적용하기 위해 요구되는 CAD상의 기능은 다음과 같이 열거해 볼 수 있다.

- 초기설계 정보(선형, 구획 모델)가 표현될 수 있어야 한다.
- 블럭 분할선의 정의 및 분할이 용이하고, 수정이

가능하여야 한다.

- 블럭분할에 따른 제품정보(블럭 및 블럭간)가 추출 가능해야 한다.

- 블럭 간섭 Check가 가능하여야 한다.

- 실적선 활용이 가능하여야 한다.(초기 설계정보 조정->블럭분할 정보 조정)

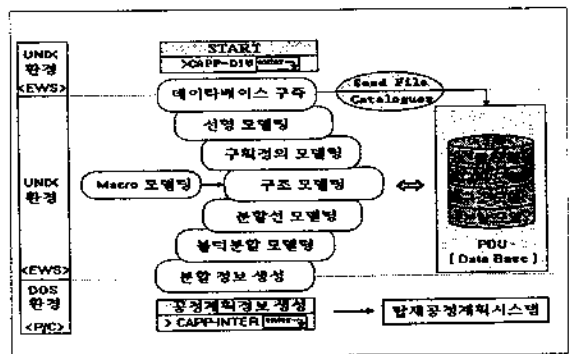
블럭분할 CAD화는 다음과 같이 실용 가능성을 검토하고 선종별(유조선, 벌크선, 컨테이너선 등)로 블럭분할 모델을 구축하고 있다.

- 범용 CAD를 이용한 블럭분할 Procedure 검토(실용화를 위한 D/B활용)

- 초기 설계 정보(선형,구획 모델)를 이용한 블럭분할 모델 구축

- 공정계획을 위한 CAD 정보 추출 프로그램 개발.

1차 완료된 선종은 VLCC로, 선형, 구획정의, 선체 구조 모델링 후 블럭분할 모델링을 하였으며, 생산계획에서 요구하는 CAD데이터를 추출하였다. 생산 정보 추출을 위해서 별도의 응용 프로그램을 개발하고 있으며 탑재공정계획 시스템과의 Interface 프로그램도 개발하였다. 현재는 CAD 데이터량이 방대하여 실 운영환경에서의 활용성 검토를 하고 있다. 블럭분할 CAD시스템의 Work Flow는 <그림 6>과 같다.



(그림 6) 블럭분할 CAD 시스템의 Work Flow

#### (1) 초기 설계정보 모델링

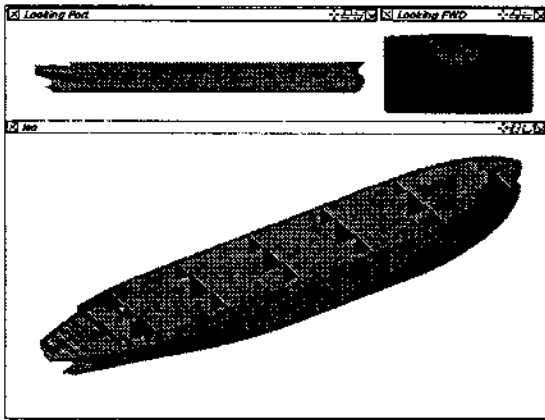
CAD에 의해 블럭분할을 하기 위해서는 아래와 같은 초기설계 정보가 요구된다.

- 선형 모델(설계 도면의 Lines와 같음) 및 구획정

의 모델(설계 도면의 일반배치도와 같음)

· 구조 모델(설계 도면의 구조도와 같음)

〈그림 7〉은 VLCC에 대한 선형, 구획정의 모델링 결과이며, 이는 CAD에서 제공하는 데이터 베이스상에 저장된 후 이를 참조하여 구조모델링이나 블럭분할 모델링을 수행하게 된다. 선형이나 구획정의 모델을 일부 수정하게 되면 이를 참조한 구조나 블럭분할 모델도 따라서 자동으로 수정이 된다(실적선 활용). 본 사례에서는 이와 같은 “실적선” 활용과 “신규선” 적용을 고려한 데이터베이스를 구축하였다.



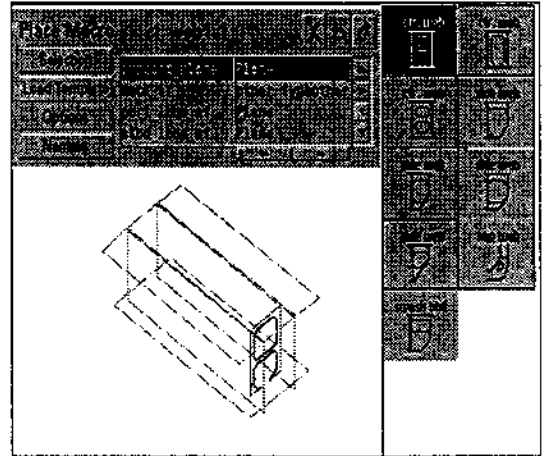
〈그림 7〉 VLCC 280K 선형 및 구획정의 모델링

### (2) 구조 모델링

블럭분할을 하기 위한 또 하나의 설계정보는 구조 모델로서, 초기 블럭분할은 기본도(Lines, 일반배치도, 기기배치도, 구조도 등)를 참조하여 분할한 후 그 결과(분할도)를 다시 초기설계에 반영하는 상호 Feedback이 행해지고 있기 때문에 어떠한 정보가 먼저인지는 상황에 따라 차이가 발생한다. 본 사례에서는 초기 선형 및 구획정의 모델을 이용하여 구조모델링을 하고, 이를 이용하여 블럭분할을 하였다. 구조 모델링은 다음과 같은 2가지 기능을 활용하여 작업을 단순화 하였다.

· Macro 기능 : 유사 형태의 구조부재들에 대해 위상(Topology), 형상(Shape Parameter) 등을 표준으로 모델링하여 데이터베이스에 저장한 후 이를 필요 부분에 Copy하고 형상변수를 변경하여 모델링하는 방법

(Web Frame, Stringer, Bracket, 2nd Stiffener 등) (〈그림 8〉 참조)



〈그림 8〉 Hopper Web Frame Macro 모델

· 구조모델 Copy 기능 : 유사 구조에 대해 모델을 Copy한 후 각 구조 부재간 연계성(위상, 형상, 속성)을 변경하여 새로운 구조 모델을 생성하는 방법(T-Bhd, 유사한 Ring 구조 등)

구조 모델링은 아래와 같이 구분하여 Surface(위상+형상) 모델링후 Plate, Beam(위상+형상+속성)등을 모델링 하였다.

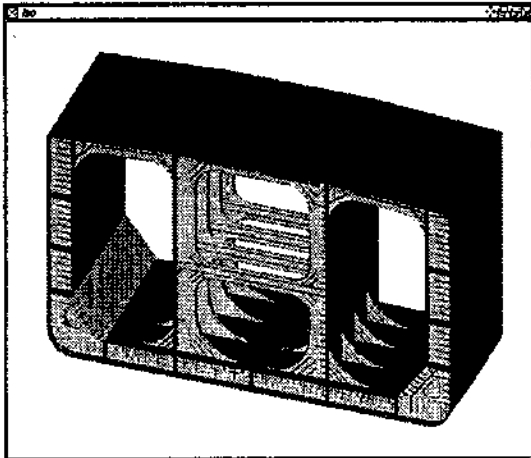
· 초기 구조 모델 : 선형과 구획모델을 선체 구조별(선수, 선미, 엔진룸, Cargo Hold는 Ring별)로 분리하여 주요 구조 부재 모델링.

· 상세 구조 모델 : 초기 구조모델의 상세화 (2차 구조 부재 모델링-Bracket, Stiffener 등).

이와 같은 방법으로 구조 모델링을 하면, 초기 모델(선형,구획 또는 블럭분할선 및 Ring 구분) 변경시 구조 모델도 상호 연계성을 갖고 있기 때문에 자동으로 변경된다. 〈그림 9〉는 VLCC 중앙부의 상세 구조 모델링 결과이다.

### (3) 블럭분할 및 정보 추출

블럭분할은 먼저 분할선을 모델링하고 이를 구조 모델에 참조하여 분할한다. 블럭분할 과정을 간략하게 표기하면 다음과 같다.



〈그림 9〉 VLCC one Ring 상세 구조 모델

PLATE REPORT										
Blk	Rig	Pc	Sh	Flm	Area	Height	Ca_X	Ca_Y	Ca_Z(Leng.)	P_M
514	AL3	SAN	P85	P84	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
528	FM	ARC	P25	P24	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
529	FM	ARC	P25	P23	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
530	FM	ARC	P25	P21	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
531	FM	ARC	P25	P20	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
532	FM	ARC	P25	P19	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
533	FM	ARC	P25	P18	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
534	AL3	SAN	P85	P17	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
535	FM	ARC	P25	P16	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
536	FM	ARC	P25	P15	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
537	FM	ARC	P25	P14	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
538	FM	ARC	P25	P13	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
539	FM	ARC	P25	P12	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
540	FM	ARC	P25	P11	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
541	AL3	SAN	P85	P10	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
542	FM	ARC	P25	P9	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
543	AL3	SAN	P85	P8	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
544	FM	ARC	P25	P7	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
545	AL3	SAN	P85	P6	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
546	FM	ARC	P25	P5	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
547	AL3	SAN	P85	P4	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
548	FM	ARC	P25	P3	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
549	AL3	SAN	P85	P2	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
550	FM	ARC	P25	P1	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811

STIFF REPORT										
Blk	Rig	Pc	Sh	Flm	Area	Height	Ca_X	Ca_Y	Ca_Z(Leng.)	P_M
514	AL3	SAN	P85	P84	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
514	AL3	SAN	P85	P17	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
528	FM	ARC	P25	P24	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
529	FM	ARC	P25	P23	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
530	FM	ARC	P25	P21	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
531	FM	ARC	P25	P20	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
532	FM	ARC	P25	P19	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
533	FM	ARC	P25	P18	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
534	AL3	SAN	P85	P17	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
535	FM	ARC	P25	P16	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
536	FM	ARC	P25	P15	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
537	FM	ARC	P25	P14	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
538	FM	ARC	P25	P13	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
539	FM	ARC	P25	P12	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
540	FM	ARC	P25	P11	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
541	AL3	SAN	P85	P10	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
542	FM	ARC	P25	P9	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
543	AL3	SAN	P85	P8	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
544	FM	ARC	P25	P7	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
545	AL3	SAN	P85	P6	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
546	FM	ARC	P25	P5	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
547	AL3	SAN	P85	P4	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
548	FM	ARC	P25	P3	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
549	AL3	SAN	P85	P2	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
550	FM	ARC	P25	P1	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811

JOINT REPORT										
Blk	Rig	Pc	Sh	Flm	Area	Height	Ca_X	Ca_Y	Ca_Z(Leng.)	P_M
514	AL3	SAN	P85	P84	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
514	AL3	SAN	P85	P17	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
528	FM	ARC	P25	P24	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
529	FM	ARC	P25	P23	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
530	FM	ARC	P25	P21	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
531	FM	ARC	P25	P20	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
532	FM	ARC	P25	P19	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
533	FM	ARC	P25	P18	1.822e+07	1.278e+07	20739.9	6988	2124	2065
534	AL3	SAN	P85	P17	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
535	FM	ARC	P25	P16	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
536	FM	ARC	P25	P15	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
537	FM	ARC	P25	P14	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
538	FM	ARC	P25	P13	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
539	FM	ARC	P25	P12	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
540	FM	ARC	P25	P11	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
541	AL3	SAN	P85	P10	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
542	FM	ARC	P25	P9	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
543	AL3	SAN	P85	P8	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
544	FM	ARC	P25	P7	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
545	AL3	SAN	P85	P6	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
546	FM	ARC	P25	P5	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
547	AL3	SAN	P85	P4	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
548	FM	ARC	P25	P3	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
549	AL3	SAN	P85	P2	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811
550	FM	ARC	P25	P1	2.141e+07	1.526e+07	28757.9	7726	25892	15811

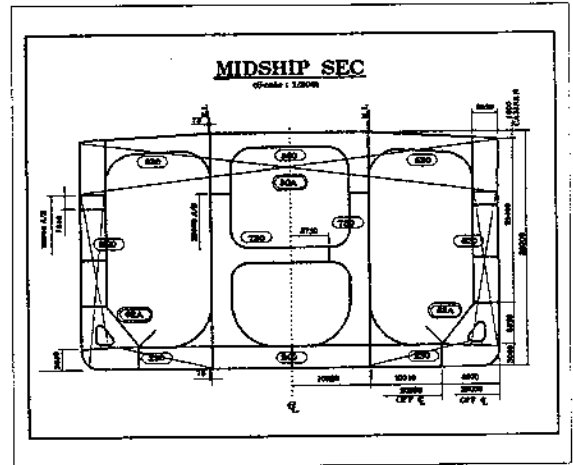
〈그림 10〉 블럭별 CAD 정보 추출 결과

- ① 블럭분할선을 모델링한다.(일명 Cutter라 함 - 종방향, 횡방향 분할선)
- ② 구조 모델에 분할선 File을 Reference 시킨 후 분할선에 따라 블럭분할을 한다.
- ③ 분할된 블럭에 Attribute(블럭Code, 조립장소, 구조명칭등 사용자가 임의로 부여)
- ④ 분리된 구조부재들간 접속관계(Joint) 생성 후 부재들의 특성을 Reporting
- ⑤ Joint 몰량 Reporting 및 블럭 분할도 출력

현재는 ③, ④번을 한번에 처리할 수 있는 프로그램을 개발하고 있으며, ⑤번 항목은 자체 개발한 응용프로그램으로 CAD환경에서 수행할 수 있다. 블럭분할도의 출력은 시스템에서 제공하는 기능을 활용하고 있으며 현재 분할도 출력 전용 프로그램을 개발하고 있다. 〈그림 10〉은 블럭분할 결과로 CAD정보를 추출한 내용이며, 〈그림 11〉은 Midship Section부의 블럭분할도를 출력한 결과이다.

앞의 블럭분할 결과로 생성되는 정보들은 그대로 타 시스템에 연계하여 사용하기에는 아직 보완하여야 할 점이 많고 생산에서는 수시로 정보의 형태가 변경되는 것을 감안하여 쉽게 보완할 수 있도록 PC 상의 Interface 프로그램을 개발하여 CAD정보를 "탑재공정 계획시스템"의 입력 데이터로 변환시킨다.

향후는 보다 쉽게 블럭분할을 수행할 수 있는 기능 개발에 주력할 계획이다. 또한 블럭분할 전용의 CAD



〈그림 11〉 VLCC Midship 블럭분할도

환경을 구현하기 위해 GUI를 설계하고 있으며, 이 기능은 범용CAD에서 제공되는 "가능 Icon" 형태로 개발하고 있다. 블럭분할 CAD화는 아직 초보 단계라 할 수 있으나 실용화시는 엄청난 효과를 기대하고 있다. 업무 효율 향상은 물론이고 설계와 생산의 동시화로 건조 공기 단축과 생산계획의 조기화가 가능하고 초기계획의 신뢰성(정보의 정확도)에 따른 생산의 안정화, 그리고 생산공법 시뮬레이션을 통한 최적화가 기대 된다.



## 2.2 블럭분할 전문가시스템 개발

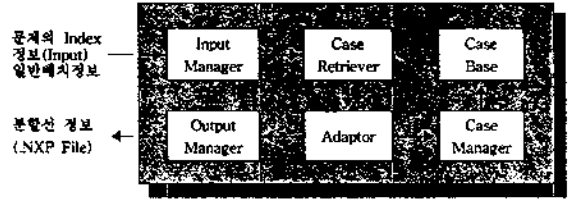
당사는 블럭분할 CAD화와 블럭분할 전문가시스템 구축을 동시에 추진하였다. 블럭분할 전문가시스템은 실적선을 기반으로 새로운 선 또는 유사한 선에 대해 적합한 분할을 할 수 있도록 전문가를 지원하는 시스템으로, 블럭분할 CAD화와 관계는 분할에 따른 정보를 추출하고 이를 분석하기 위해서는 필수적인 연계성을 갖고 있었다. 그러나 블럭분할 규칙과 정보(물량, 무게, 면적, 형상 등)를 동시에 처리하기에는 기술적으로 어렵기 때문에 시스템 상으로는 CAD화와 분리하여 개발하였다.

이러한 블럭분할 전문가시스템은 CBR(Case Based Reasoning)이라는 새로운 기법에 대하여 대학에서 제시하고 이의 실용화를 위해 Case Base를 쉽게 구축, 활용할 수 있도록 하였으며, 연구원들이 직접 당사의 실무 전문가와 Interview를 통해 분할 규칙을 정리하였다. 블럭분할 업무는 여러 가지 제한조건과 변수가 많아 실무 전문가 조차 표준화하기가 어려웠던 일이었다. 정리된 분할 규칙을 범용 전문가시스템 개발 Tool을 이용하여 블럭분할 지식베이스를 구축하였으며, 분할 결과를 조회, 수정할 수 있는 프로그램을 개발하여 1단계 Pilot 시스템을 개발하였다. 사례베이스와 적용규칙은 Structure Group(선미, E/R, HOLD, 선수)별로 구축하였으며 응용프로그램도 이에 따라 분리하였다. 개발된 블럭분할 전문가시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

- 사례 추출 기능 : 차별망 기법 적용(Case 보완이 용이하도록 구축)
- 블럭분할 적용 기능 (블럭분할 Knowledge Base로부터 문제에 대해 Case를 조정하는 기능)
- 블럭분할 결과 설명 기능 : 작업 History 설명 및 만족 여부 검증.
- 분할선 수정 기능 : 지식베이스 혹은 전문가에 의한 분할선 수정(Graphic)

시스템 구성도는 <그림 12>와 같다.

본 시스템은 크게 나누어, 주어진 문제(블럭분할 대상 호선)와 유사한 사례를 선정하는 “① 사례선정단계”, 선정된 사례를 문제에 맞게 적용시키는 “② 사



〈그림 12〉 CBR기법을 적용한 블럭분할 전문가시스템 구성도

례적용 단계”, 적절치 못한 해에 대한 “③ 해의 보정 단계”로 나눌 수 있다. 이러한 블럭분할 전문가시스템의 구체적인 개발 내용은 다음과 같다.

### (1) Case Base 구축

CBR 시스템을 구성하기 위해서 분할 사례의 단위와 특징을 나타내는 Index의 선정과 Value를 구성하였으며(사례의 지식 표현), 실적선에 대한 분할 사례를 Index에 따라 표현하여 저장하였다. 이러한 사례베이스 추론은 다음과 같이 2단계로 분리되어 수행된다.

- 1 단계 : 유사 사례 추출(선종 및 선각 구조 형상에 의해 추출)
- 2 단계 : 이를 대상으로 유사 척도를 적용하여 유사 사례를 선정한다.

<그림 13>은 사례 추출 과정의 효율성을 위해 차별망(계층적 구조)으로 구축한 내용이다.

### (2) 블럭분할 Knowledge Base 구축(적용 규칙)

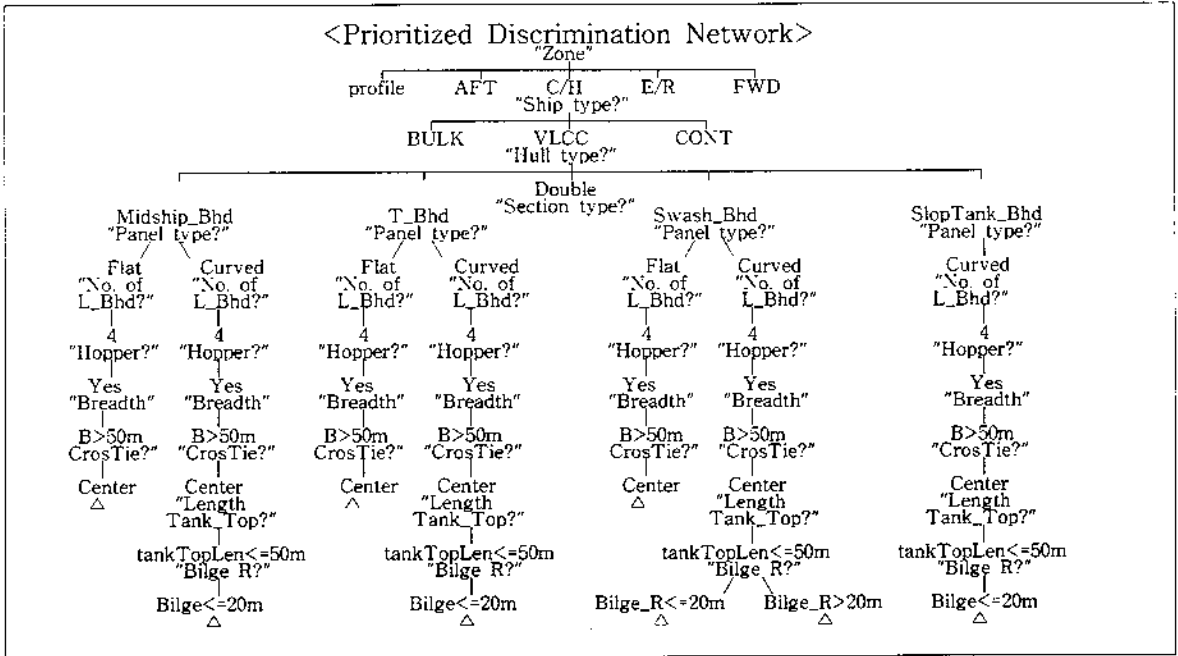
CBR에 의해 적절한 사례가 추출되면 다음으로는 선정된 사례와 대상 호선과의 차이점을 비교하여, 이에 따른 적용 휴리스틱을 적용하고 블럭 분할선을 치수, 구조, 부재간 간섭 등을 고려하여 조정을 한다. 이러한 일련의 과정이 “적용규칙”에 의해 수행되도록 하였다.

본 시스템의 Knowledge Base(적용 규칙)는 다음과 같이 분리하여 구축하였다.

- 치수 적용 규칙 : 대상호선과 추출사례의 호선이 다를 경우 추출사례의 기준 부재에 대한 치수를 대상호선의 해당 부재의 치수로 치환하여 적용시키는 규칙.

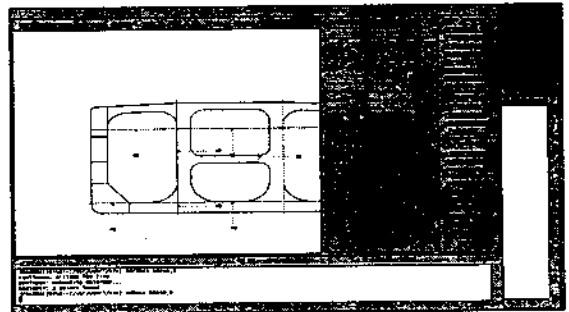
- 구조형상 적용 규칙: 분할 대상 면의 구조 특징이 추출된 경우와 상이한 경우 적용되는 규칙.
- 간섭회피 적용 규칙: 치수 및 구조 적용 규칙을 통해 적용된 결과에 대하여 분할선이 대상호선의 주요 부재와 간섭이 일어나는지의 여부를 검사하는 규칙.

템으로 구축할 수 있다는 가능성을 제시한 것은 실무자에게도 고무적으로 받아들여지고 있다. 향후 본 연구 사례를 토대로 이러한 기술적 업무 지식을 정형화할 수 있을 것으로 기대되며, 이를 통해 기술 계승이 보다 쉽게 될 수 있을 것이다.



<그림 13> CBR의 계층적 구조

CBR에 의한 사례 추출과 적용규칙에 의한 보정이 이루어지면 최종적으로 사용자(전문가)가 시스템과 대화 형식으로 분할 결과에 대해 판단 및 조정을 할 수 있도록 GUI 프로그램을 개발하였다. <그림 14>는 본 시스템을 이용한 블럭 분할 결과로 분할선의 수정을 할 수 있다.



<그림 14> VLCC 중양부 블럭분할 결과

블럭분할 전문가시스템은 실용화 측면에서 아직 검토해야 할 것이 많다. 즉, 분할 규칙과 사례기반의 적합성과 분할정보(물량 등)가 없는 결과의 활용도, 사용자 요구 기능 만족도 등 실무자의 Pilot 시스템 검증이 필요하기 때문에 금후 이에 대한 검토를 자체적으로 할 계획이다. 그리고, 블럭분할 업무가 아닌 다른 공정계획 업무(전문가시스템 기술)와 설계 업무(CBR)에도 확대할 수 있는 기반 기술이 제시되었고 본다. 또한 블럭분할 규칙을 정리하고 이를 시스

### 2.3 탑재 공정계획 및 평가 시스템

탑재 공정계획 평가시스템은 산학 공동연구 프로젝트의 단위 과제로 연구, 개발하였다. 본 연구는 당사

에서 연구원을 대학으로 파견하여 공동 연구토록 하여 새로운 기법(유전 알고리즘)을 적용한 공정계획 시뮬레이션 Pilot시스템을 개발하였다. 이의 결과로 빠른 기간에 탑재 공정계획 평가 시스템이 실용화되는 계기가 되었다. 이러한 탑재 공정계획 평가 시스템의 실용화를 위한 주요 연구, 개발 내용은 다음과 같다.

- 탑재순서 최적화 방법
- 호선별 탑재Simulation기능
- Batch Simulation기능
- 유전 알고리즘을 이용한 최적화 방법

이들 중 탑재순서 최적화 방법으로는 다음과 같이 고려하였다.

① 탑재공정계획의 Parameter

문제 정의 단계에서 연구된 탑재공정계획의 Parameter는 다음과 같다.

- Key Block (Keel Laying블럭, Floating블럭, Insert블럭)의 결정

- 특정 부위에서 탑재 방향을 변경
- 탑재할 도크, 도크 기간, PE묶음을 변경한다.

본 시스템에서는 Key Block, 탑재 전개 방법을 호선공정계획의 Parameter로 정의하고, 도크 변경, 도크 기간 변경 등은 Batch공정계획의 Parameter로 정의하였다.

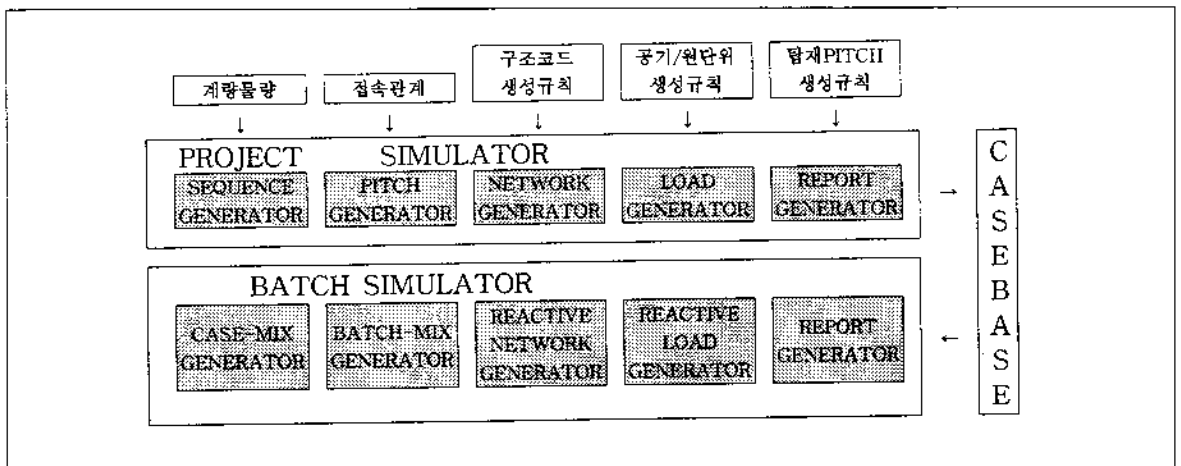
② 탑재공정계획의 목적함수

탑재 공정은 전체 공정의 속도를 결정하고 또한 조선소 전체의 생산량을 결정할 수 있는 중요한 공정이다. 따라서 탑재공정계획의 목적 함수는 탑재/PE/조립/의장/도장 공정의 생산량(당사의 경우 Joint Length)과 자원 사용(인력 및 자원)을 최적화 시키는 것으로 정의하였다.

③ 탑재순서 최적화 방법

탑재공정계획의 목적 함수는 다수 개의 공정과 자원을 최적화 시키는 복잡한 형태 이기 때문에, 본 문제에서는 최적화 기법을 사용하는 방법보다 실무자의 분석력과 경험에 의해 최적해를 얻을 수 있는 방법의 사용이 더 유용하다. 따라서 본 시스템에서는 실무자의 분석과 의사 결정에 도움이 될 수 있는 탑재 Network, 탑재연결일정표, 부하분포표등의 다양한 자료를 제공하도록 개발하였으며, 다수 개의 대안을 비교 분석할 수 있는 방법의 개발에 역점을 두었다. 또한 경험에 의존 되는 부분 즉 블럭별 구조 정보와 블럭의 구획별 공기, 원단위 등을 규칙화하여 자동 생성시킴으로써, 다수 개의 탑재방법을 신속하게 시뮬레이션할 수 있고 비교분석이 가능토록 하였다.

탑재 공정계획 평가 시스템의 전체 구성은 <그림 15>와 같다.

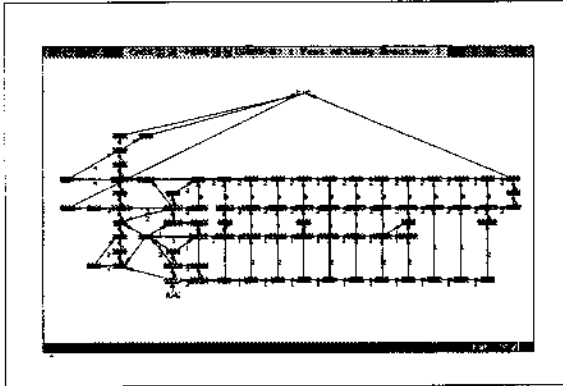


<그림 15> 탑재 공정계획 평가 시스템 구성도

(1) 호선별 탑재시뮬레이션 기능  
호선별 탑재Simulation기능은 다음과 같이 구성된다.

① Sequence Generator & Pitch Generator  
블럭의 접속관계로부터 탑재Sequence를 만든다. 공

정계획의 Parameter(Keyblock과 도크 기간)에 따라 다수 개의 Sequence를 만들 수 있다. 또한 시스템이 보유한 Pitch생성규칙에 따라 탑재Sequence별 Pitch를 생성한다. 탑재 Sequence의 생성 예는 <그림 16>과 같다.



<그림 16> 탑재 Sequence 예

② Network Generator

CPM(Critical Path Method)에 의해서 블럭별로 ENT/LNT(Earliest Node Time/Latest Node Time)를 계산한다. 탑재Sequence를 삭제/추가하거나 탑재 Pitch를 수정할 경우 Reactive Generation이 가능하다. 또한 다수 개의 탑재Network을 독립적으로 관리한다(<그림 17> 참조).

계산하고, 각 공정의 부하를 계산한다. 다수 개의 탑재Sequence별 부하 분포와 ENT/LNT별 부하 분포를 독립적으로 관리하며, 탑재Network 이 변경되었을 때 즉시 변경 사항을 반영한다.

④ Reporting Generator

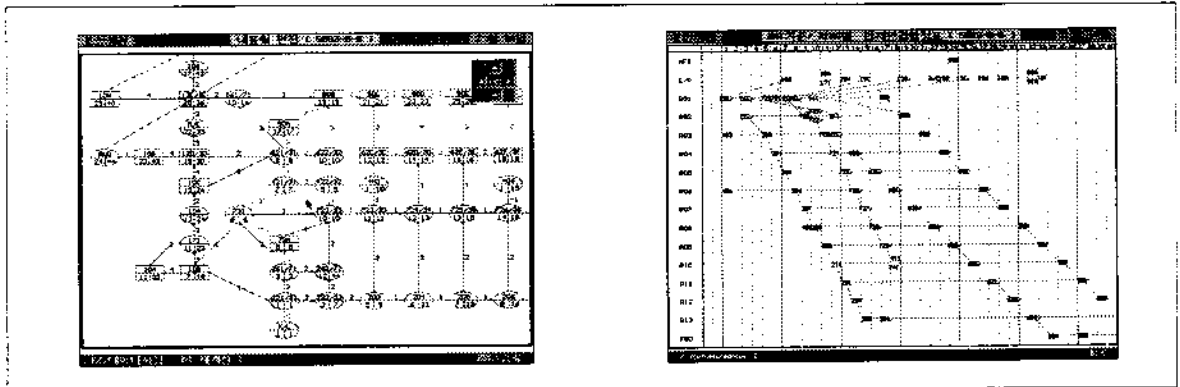
데이터의 정합성을 판단할 수 있는 데이터내역, 규칙내역등을 발행하고, 화면으로 표현되었던 각종 기술 정보(탑재 Network, 탑재연결일정보, 부하분포표) 등과 다수 개의 탑재 순서를 비교, 요약하는 CASE 요약표 등의 발행으로 다양한 분석이 가능토록 지원한다.

(2) Batch시뮬레이션 기능 개발

1개 호선에서 다수 개의 탑재순서(탑재CASE)가 결정되면, 여러 호선이 동시 건조되는 Batch생산에 서 어떤 탑재CASE 조합이 적절한지 결정해야 한다. 이러한 탑재CASE 조합을 결정하는 기능이 Batch Simulation기능이며, 본 연구에서 개발된 Batch Simulation 기능은 다음과 같다.

① CASE-MIX Generator

도크 번호 및 기간, Batch에 포함될 호선, 호선별 탑재CASE조합을 정의하는 기능이다. 본 시스템 에서는 다양한 CASE-MIX를 정의하고, 비교 분석이 가능하도록 개발하였다(<그림 18> 참조).

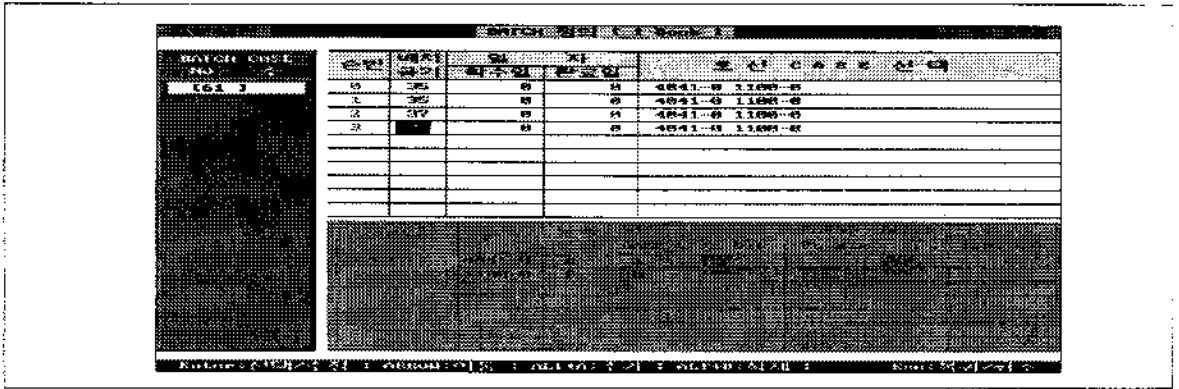


<그림 17> 탑재 Network 예

③ Load Generator

공기/원단위 규칙에 의거 관련 공정의 작업 일정을

② Reactive Network Generator 및 Reactive Load Generator



〈그림 18〉 Case-Mix 선택 예

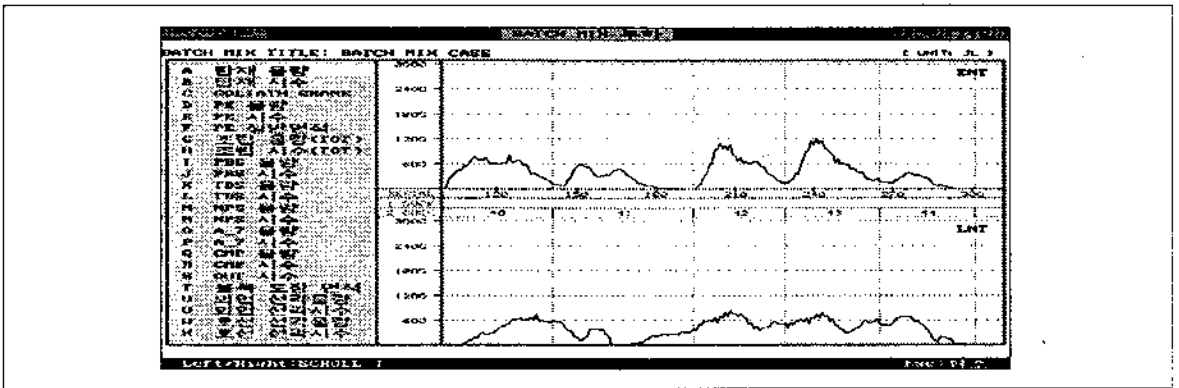
Reactive Network Generator는 CASE-MIX에서 도크 기간이 수정되는 경우 탑재Network의 LNT를 재 계산하는 기능이다. 탑재Network이 재 계산된 후 일정 및 부하의 재 계산과 CASE-MIX 정의에 따른 부하 합산 기능은 Reactive Load Generator에서 처리된다.

③ Report Generator

Batch운영안을 분석할 수 있는 Batch전체의 다양한 부하 분포를 화면(〈그림 19〉 참조)과 인쇄 된 양식으로 제공하며, Batch-MIX 및 CASE-MIX 정의에 대한 요약표를 제공한다.

Smoothing될 수 있는지 예측하는 효과를 가진다. 개발된 유전 모델은 탑재일을 Parameter로 사용해서 1개 공정의 1종류 부하를 Smoothing시키는 기능을 가지고 있다(〈그림 20〉 참조). 향후 다수 공정의 여러 종류 부하를 평균화시킬 수 있는 모델과 실무자가 제시한 다수 개의 탑재 순서 중에서 최적 순서를 찾아내는 모델의 개발이 필요하다.

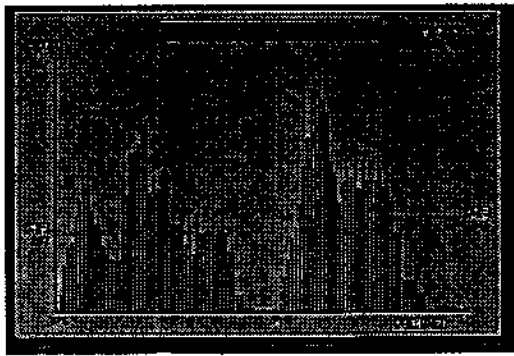
현재 본 시스템은 실용화를 위한 준비 단계로 실 사용자의 교육과 기초 데이터 작성을 하고 있다. 이 시스템은 초기 공정계획인 블럭분할과 일정계획을 연결



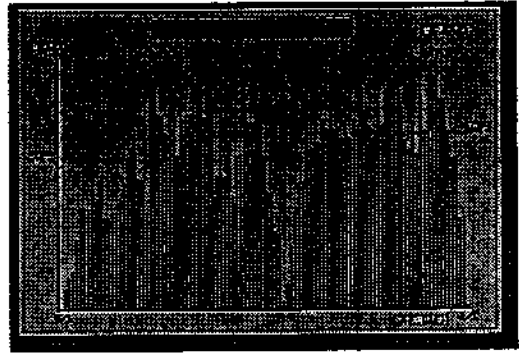
〈그림 19〉 Batch 부하 Reporting 예

탑재공정계획 평가 시스템에서는 결정된 탑재 순서의 검증을 위하여 유전 알고리즘을 이용한 탑재일 최적화 기능을 Prototype으로 개발하였다. 이러한 기능은 탑재순서가 일정계획에서 얼마나 효과적으로

하는 교량적인 역할을 할 것이며, 업무의 능률 향상은 물론, 초기 정보로 조기에 생산부하를 분석하여 최적의 공정 정보(탑재 Sequence 및 Network과 부하분포도 등)를 일정계획에 제공하여 선택적인 계획 수립



(Smoothing 이전)



(Smoothing 이후)

〈그림 20〉 유전 알고리즘을 이용한 탐색 최적화

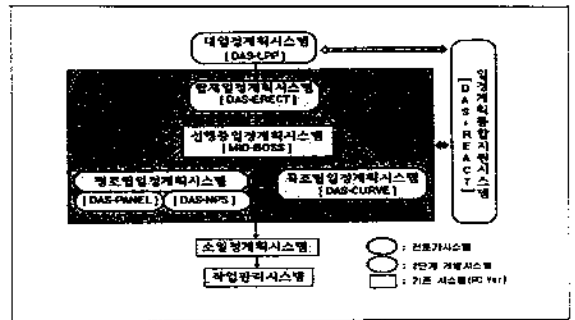
이 가능할 것으로 기대된다.

### 2.4 일정계획 전문가시스템

생산 일정계획 업무는 그 방대한 규모로 인하여 정보시스템 구축의 필요성이 대두되었으며, 그 동안 국내에서 축적된 전문가시스템 기법을 적용하여 우리 실정에 맞는 생산 일정계획 시스템 구축을 위하여 산학협동으로 개발하였다.

생산 일정계획의 최적화는 많은 단위(공정별, 계획단계별) 생산계획 내에서의 최적화뿐만 아니라 전체적 최적화도 동시에 고려해야 된다. 기존 데이터베이스 중심의 시스템으로는 상기의 기능을 갖추기 어렵다. 일정계획 전문가시스템 개발은 전체적 최적화의 필요성이 가장 큰 중일정계획의 시스템화를 1단계 목표로 하였다. 1단계로 개발된 이들 전문가시스템은 〈그림 21〉과 같이 구성되어 있다.

DAS-LPP에 의해 수립된 대일정계획은 DAS-ERECT를 비롯한 하위 시스템에 반영되고, DAS-ERECT로 대일정계획을 만족하는 탐색 일정계획을 수립한다. 탐색 일정계획은 전문가시스템에 의해서 1차 평준화된 일정을 도출하고 이 결과를 현실성 있게 조정할 수 있는 선행중일정시스템(MID-BOSS)을 통해 최종 일정을 수립한다. 탐색 일정계획이 완료되면, 이동정반 조립공장의 일정계획을 지원하는 DAS-PANEL 및 고정정반 조립공장의 일정계획 수립을 지원하는 DAS-CURVE에 블록의 조립완료일(후공정 요구일)이 전달된다. 평조립시스템과 곡조립시스템은 후공정 요



〈그림 21〉 일정계획 전문가시스템 구성

구일과 공장내의 시설 및 인력을 고려하여 블록의 조립일정계획을 수립하게 된다.

본 사례의 산학공동연구 프로젝트는 당사에서 연구원을 대학으로 파견하고 공동 연구토록 하여 새로운 기법(전문가시스템 및 각 시스템별 알고리즘)을 적용한 일정계획 시뮬레이션 시스템을 개발하였다.

주요 기능 및 적용 기법은 다음과 같다.

#### (1) 대일정계획 전문가시스템 (DAS-LPP)

대일정계획 수립을 위한 시스템은 Master Plan의 성격 때문에 다음과 같은 특징이 요구된다.

##### ① 의사결정 지원

시스템의 기본 성격이 의사결정 지원이라는 점에서 대안을 시스템 내에서 평가하고 의사결정자가 주목하는 사항을 생성하여 확정할 수 있도록 지원한다.

##### ② Input과 Output의 구분이 뚜렷하지 않다.

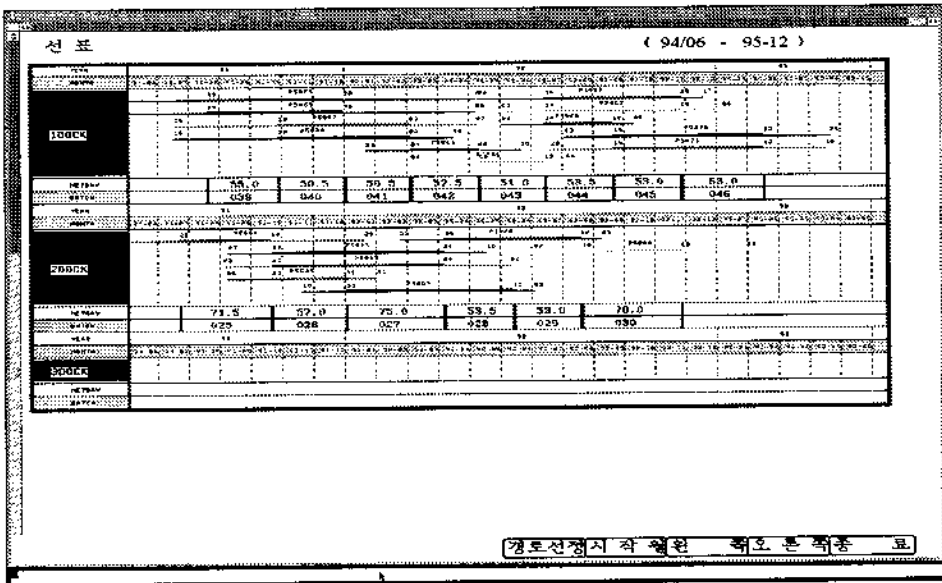
결과(목표)로의 고려뿐만 아니라 결과(목표)를 위한 조

건의 탐색이라는 기능이 강조된다.

대일정계획은 부하를 평활하게 유지하면서 납기일, 설비제약을 만족하는 선박의 건조계획이라는 점에서, 일종의 탐색문제로 파악할 수 있다. 탐색을 통해 결정해야 할 사항은 수주 받은 선박의 작업 시기와 장소(Dock)를 할당하는 것이고, 할당된 작업 선박들이 Batch내에서 부하가 평균화되도록 작업형태를 결정하는 것이다. 본 시스템에서 적용한 방법은 지식을 용이하게 반영할 수 있도록 Rule과 Frame을 사용하였으며, 탐색을 위해 지식기반 경험적 탐색(Heuristic Search)을 적용하였다. 장기 계획을 세우면서 발생하는 부하 정보에 나타나는 작업 허용수준 및 건조경험 여부에 따른 정확도의 차를 적절히 처리할 수 있도록 하기 위해 누적부하곡선(S-Curve)을 이용하여 선형계획법에 의해 제약 및 목적함수로 표현하고 계획을 평가하도록 하였다. <그림 22>는 대일정계획 전문가시스템을 이용한 결과이다.

의 활용도를 재고하고 Dock공기를 최소화하는데 있다. 그리고 탑재 내부적으로는 탑재순서에 의한 일정 계획과 탑재작업의 가장 큰 제약으로 작용하는 Goliath Crane 사용계획과 PE장 정반 운용계획을 수립해야 하는 어려움이 있다. 이러한 복잡한 문제를 해결하기 위해 전문 Scheduler의 지식을 반영하고 Scheduler를 도와 최적의 일정계획을 수립할 수 있도록 아래와 같은 사항을 고려한 탑재일정계획 전문가시스템을 개발하였다.

- ① 조립,도장,의장공정을 고려한 효율적인 탑재계획 수립
  - ② Goliath Crane 사용의 극대화 및 PE정반의 효율적인 사용
  - ③ Dock 공기의 최소화 및 재고블럭의 최소화
- 본 시스템은 초기 탑재계획수립 시점에서 Dock 및 PE장의 생산능력은 자세하게 보며, 선행의장, 도장공정 및 블럭 조립공정은 개략적인 수준(공장 전체의



(그림 22) 대일정계획 전문가시스템 결과

(2) 탑재중일정계획 전문가시스템 (DAS-ERECT)

탑재일정계획은 전체 생산 일정계획의 근간을 이루게 된다. 본 시스템의 목표는 Dock장, PE장, 조립공장 각각의 기간별 작업도를 평균화시키면서 PE정반

부하, 일일 출동 블럭수 등)에서 조립완료일을 구한다. 이를 만족하도록 각 조립공장의 조립일정계획을 수립한다. 만약 이 단계에서 주어진 완료요구일을 만족시키지 못할 경우에는 탑재 Scheduler에게 조정을

요청하는데 이러한 역할을 수행하는 것이 조정(Reactive) Scheduling으로 시스템통합지원 시스템(DAS-REACT)을 통해 이루어진다(2단계 개발 중).

탑재 중일정계획 시스템에서는 일반적인 일정계획 방법과는 달리, 주어진 작업의 순서를 가지고 계획을 수립하는 과정에서 보다 적절한 작업의 순서를 결정하는 방법을 사용하고 있다. 즉, Network을 생성하고 이를 토대로 계획을 수립하는 것이 아니라 초기 Scheduling시 Dock공기를 판단하여 만족하면 블럭별로 작업장의 제약조건을 고려한 최적 계획을 수립하는 방법을 적용하였다. <그림 23>은 탑재 중일정계획 시스템을 이용한 결과이다. 이러한 전문가시스템에서의 결과는 자체 개발된 선행종합중일정 시스템(MID-BOSS)를 통해 현실적인 탑재일정계획으로 조정되어 일정계획표가 출도 된다.

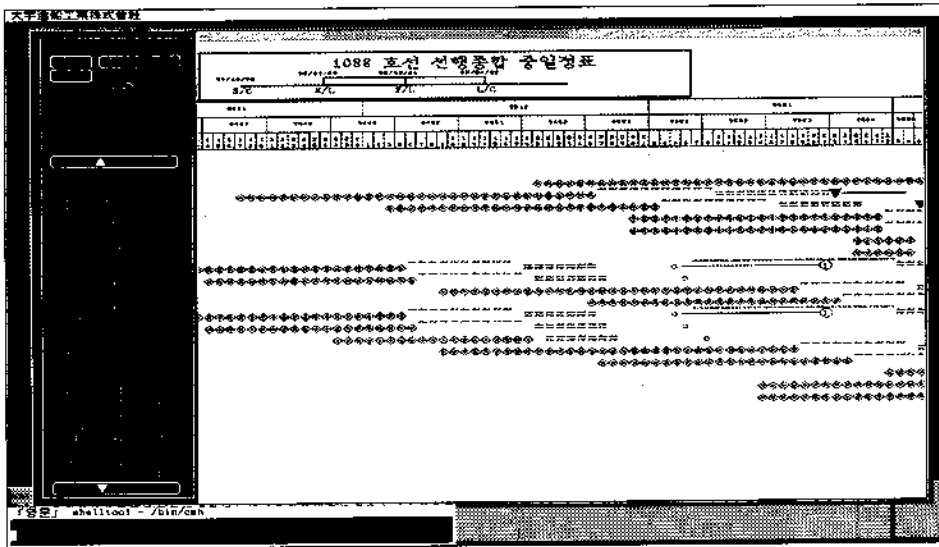
획도 포함한다. 본 시스템은 동적인 Tact Time을 이용하여 Main Line과 Off Line의 부하 평준화 및 작업도의 최적화를 통해 평블럭조립공장(PBS)의 조립 일정계획수립을 지원하는 전문가시스템 으로 다음과 같은 사항을 고려하여 개발되었다.

① Tact Time의 최소화

Tact Time이란 블럭 한 개가 조립되는데 걸리는 시간으로 Main Line상에서 블럭 흐름 속도에 대한 지표가 된다. 블럭조립이 빨리 완료되기 위해서는 구간(Bay)별 조립작업이 균일하게 분할되어 일정한 흐름을 유지되어야 하며, Off-Line에서 중소조품이 원활하게 공급되어야 한다.

② 조립 완료 요구일의 만족

탑재일정에 따른 블럭별 조립 완료요구일에 맞추어 조립 순서에 어긋나지 않도록 일정계획 수립.



<그림 23> 탑재 일정계획 전문가시스템 결과

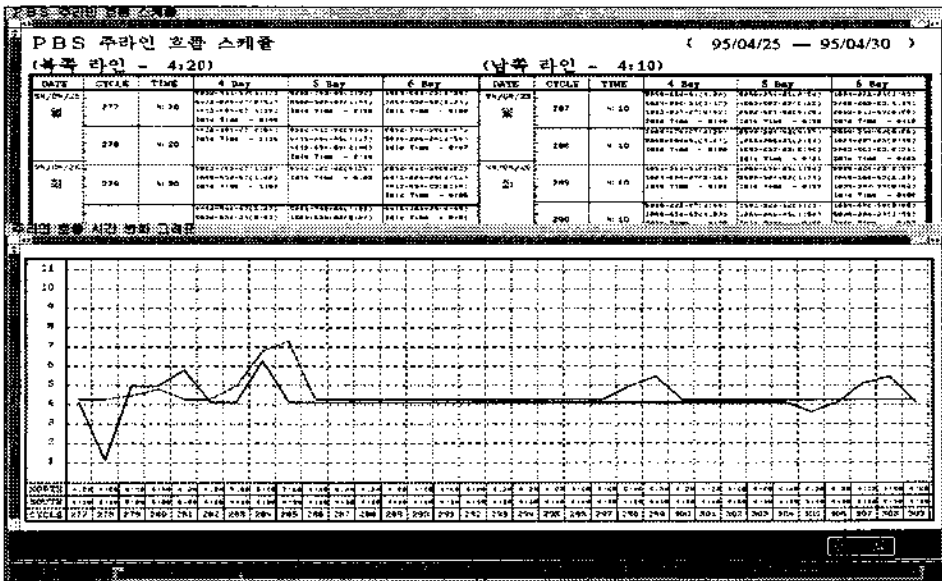
(3) 평조립중일정계획 전문가시스템 (DAS-PANEL)

평블럭조립공장(PBS)은 일종의 Line Assembly System이다. 블럭은 Main Line상에서 조립되고, Off-Line에서는 블럭의 조립에 필요한 중조품과 소조품을 조립하여 공급한다. 그러나 블럭마다 블럭의 크기와 조립되는 부품이 다르므로, 조립 일정계획에는 블럭의 흐름 계획뿐만 아니라 중조품과 소조품의 조립일정계

③ 대기 기간의 최소화

블럭(또는 중,소조립품)이 조립 완료되어 다음 공정(선행의장/도장,PE,탑재 또는 대조블럭)의 착수 일까지 여유일이 발생하면 블럭은 적치장에서 대기하고 있어야 하므로 공간의 효율적인 활용을 위해 대기기간을 최소화하는 일정계획을 수립하여야 한다.





(그림 24)는 평조립 일정계획 전문가시스템

(4) 곡조립 중일정계획 전문가시스템 (DAS-CURVE)

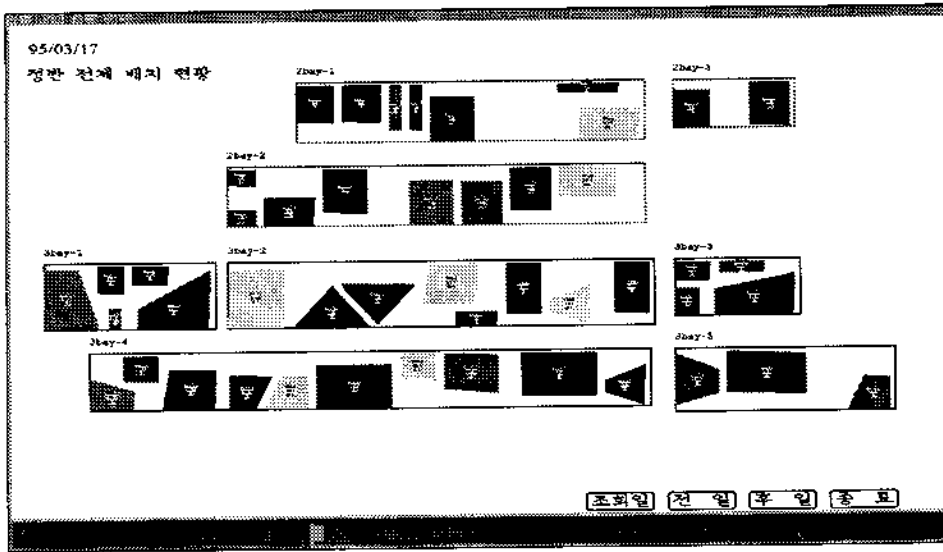
곡조립 중일정계획 시스템은 탑재 중일정계획(DAS-ERECT)의 결과로 나온 각 블럭의 후공정 요구일을 만족시키면서, 조립공장의 정반효율을 높이고, 조업도를 만족시키는 조립 일정계획을 세우는 것이다. 이 일정계획은 다른 일정계획과는 달리, Scheduler가 블럭의 형상을 보고 그것이 배치되어 작업 가능한 정반의 위치를 찾아내는 과정(공간 일정계획)이 있으므로, 기존의 수학적 일정계획 방법론만으로는 해결이 힘들다. 이 전의 곡조립 일정계획수립은 시간과 노력이 많이 들어 한번 계획이 수립되면 현장의 상황에 따라 변경하기가 어렵고, 긴 Time Span과 많은 블럭수로 인해 발생하는 대량의 정보를 가지고 최적의 일정계획을 수립하기가 어려운 상태이므로, 이러한 요구를 만족시키는 곡조립 중일정계획 시스템을 전문가시스템 기법을 주축으로 구축하였다.

곡조립 중일정계획 문제는 공간배치 계획과 일정계획을 동시에 수행하여야 하는 공간일정계획이 된다. 이 문제의 기본 표현 도구로 로보트의 길 찾기 문제에서 많이 사용되는 Configuration Space방법을 적용하였다. 이 방법을 이용하여, 먼저 “배치 가능공간”을

구하고, 그 중에 어디에 배치할 것인가 탐색하기 위해 탐색공간을 정의 하였으며, 이것을 “특이 배치공간”이라 한다. 즉, 정반을 차지하는 공간의 정보(투영 평면)와 정반을 점유하는 표준공기가 있다면, 투영평면을 밑면으로 하고 조립공기를 높이로 하는 다각기둥으로 생각할 수 있으며, 정반할당을 직육면체 모양의 정반에 다각 기둥(계획할 작업품들)을 집어 넣는 문제로 하는 것이다.

DAS-CURVE의 특징인 공간처리 문제는 위와 같은 방법론을 사용하고, 공간제약의 조업도, Cranc부하, 목표생산량 반영 등의 여러 제약조건들은 Frame으로 지식표현하여 차후 변경 등에 유연하게 대응하도록 하였으며, Scheduler의 의지 등을 반영하는 여러 변수를 두어, Scheduling방식 등을 선택할 수 있는 Option을 제공하였다. (그림 25)는 곡조립 일정계획 전문가시스템 결과이다.

현재 본 일정계획 시스템들은 실무 정착 단계에 있으며 시스템의 성능은 검증되었다. 현재 이 시스템의 완전 정착을 위해서는 입력 데이터 생성의 단순화가 필요하며, 이는 공정계획 시스템과 연계하여 데이터 통합을 검토하고 있다. 사용자에 의한 기능 보완은 개발자(과전 연구원과 대학 연구팀)의 지속적인 지원이



〈그림 25〉 극조립 일정계획 전문가시스템 결과

따르고 있어 완전 정착이 기대된다. 일부 실무자가 시스템 환경에 익숙하지 못하고 입력 데이터의 생성이 어려운 것이 완전 실무정착에 문제 요인으로 작용하고 있어 보완을 하고 있다.

### 3. 향후계획과 기대 효과

금후에는 지금까지 기초 연구로 추진한 사례기반추론 기법을 응용한 블럭분할 전문가시스템, 부하 평준화를 위한 유전 알고리즘과 지식 습득 방법을 실용 시스템으로 완성하고, 실무 적용 단계까지 온 블럭분할 CAD시스템은 실제 업무에 적용하고, 이미 실무에 적용 중에 있는 탑재 공정계획시스템과 일정계획 전문가시스템은 활용을 극대화하고, 적용 영역을 확대할 계획이다.

서브 시스템간 Interface를 통해서 생산 일정의 계획 대비 실적, 자재 납기 결정 및 조정의 동시화를 기하고, 선종, 선형, 호선별 통합 데이터베이스와 Knowledge Base 구축으로 명실공히 통합 생산관리 시스템 구축에 주력할 예정이다. 지금 당장은 시스템 이용 효과를 정량적인 효과로 설명하기에는 어렵고 시기적으로도 좀 이른 것 같다. 그러나 부분적으로 단위 업무의 효율화나, 동시집중 Scheduling체계 실현,

현장 문제 Feedback, 자료 정리 등 실제 업무의 개선 활동은 괄목할 만한 변화를 가져왔다. 궁극적으로는 업무 효율, Lead Time, 재고량은 지금 수준의 50% 이상 향상시키고, 생산공기, 생산성은 30% 이상 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 당사의 경우 늦어도 97년도에는 이 수준에 도달할 것으로 기대한다. 이로써 업무의 질적 향상은 물론이고, 업무 효율을 향상시킴으로써 여력을 창출하여 치공구 개발, 공장 자동화 연구도 추진할 예정이다.

### 4. 사례를 통해서 얻은 교훈

우리는 지난 4년간 앞서 소개한 연구 개발을 통해서 몇 가지 중요한 사실을 발견했다. 기업의 입장에서 신기법이나 신기술을 도입하고자 할 때, 새로운 시스템을 개발할 때, 새로운 시스템을 실용화(실무에 이양)할 때, 산학협동 연구를 할 때 경영자나 연구 책임자, 개발자, 사용자가 깊이 생각해야 할 점이 있다. 우리의 지난 경험을 회고하면서 자기 반성적인 시각에서 정리함으로써 이와 유사한 연구 개발을 추진함에 있어 교훈으로 삼고자 한다.

### (1) 신기술이나 신기법을 도입하고자 할 때

신기술이나 신기법은 가능하면 확인, 검증된 것을 도입하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 성공, 실패 사례를 사전에 충분히 조사하여 현실적인 가능성과 장래성을 고려해야 한다. 연구 개발의 지속성, 연속성, 일관성을 유지하기 위해서는 Master Plan을 작성하여 계획적, 전략적인 접근을 해야 한다.

### (2) 새로운 시스템을 개발할 때

실제 업무와 그 업무를 지원하는 시스템의 관계는 마치 비디오 영상과 스냅사진의 관계와 같다. 여기서 말하는 시스템이란 국부적으로 문제 해결에 도움을 주는 도구에 불과하다. 그런데 시스템만 개발되면 모든 문제가 해결될 것이라는 환상에 빠지기 쉽다. 결국 실제 업무의 결정적인 문제 해결에 초점을 맞추도록 시스템화의 목적을 명확히 해 두어야 한다.

시스템 개발 초기 단계에 사용자는 다양하고 많은 요구 사항을 제시한다. 이로써 개발 범위가 방대해지고, 목표가 불투명 해지고 기능 구현에 관심이 집중되어 진다. 그러므로 개발 범위를 한정하고 단계적으로 보완 확대하는 목표를 설정할 필요가 있다. 또한 사람은 만능이 아니기 때문에 실제 업무의 전문가가 시스템을 직접 개발할 수 있는 경우는 드물고, 개발자 또한 프로그래밍, O/S, D/B, 통신 등의 여러 직종의 전문가로 분화되어 있는 것이 현실이다. 그러므로 하나의 시스템을 만드는 데는 관계되는 사람들의 연합이 필요하다. 이러한 특성을 무시하고 시스템화에 착수하는 것은 실패의 지름길로 들어가는 결과를 가져온다.

이런 문제를 해결하기 위해서는 사용자가 참여한 개발팀을 구성하고, 개발 착수에 앞서 현상의 업무 실태, 요구되는 기능 정의 및 개발 범위와 기간을 분명히 하고 프로젝트화하여 추진해야 하며, 연구개발환경을 조성하는 것이 중요하다.

### (3) 새로운 시스템을 실무에 이양할 때

시스템을 개발하는 기간이 오래 걸리면 개발하는 동안 업무처리 방법이 변경되어 있는 경우가 많다. 이와 같은 문제를 극복하기 위해서는 시스템 개발은 사

용할 부서 가까이 가서 개발해야 하며, 앞서 강조한 바와 같이 시스템 개발 단계부터 사용자의 참여가 절대 필요하다. 그리고 시스템 개발과 병행해서 실제 업무 절차의 개선, 데이터 정리, 사용자의 교육 등을 통해서 새로운 시스템의 수용 풍토와 여건을 미리 만들어 가는 노력을 해야 한다.

### (4) 산·학·연 협동연구의 필요성과 역할 분담

산학연 협동 연구를 활성화시키기 위해서는 학연의 보다 적극적인 자세가 요망된다. 교수, 학생, 연구원들은 산업 현장을 자주 시찰(견학)하여 기업이 안고 있는 문제와 필요로 하는 기술을 파악하고, 문제 해결 방법을 제안함으로써 협동 연구의 기회를 우선 창출해야 한다. 협동 연구를 진행함에 있어서 기업은 현실적, 구체적인 것을 요구하는 반면, 학교연구는 이론적, 학문적인 것을 추구하는 경향이 짙음으로써 상당한 괴리가 있다는 사실도 발견했다. 이러한 문제는 사내에 대응팀을 두어 교량적인 역할을 하게 하거나, 사원을 학교나 연구소에 파견하거나, 학생, 연구원을 현장 시찰(견학)케 하거나, 상호 교류를 자주 하는 등의 노력으로 극복할 수 있다고 본다.

따라서 기업은 학연에 연구과제와 기회를 제공함으로써 사회에 공헌하는 뜻으로 투자를 하는 반면 신기술을 습득하고, 학연은 기업이 진정 필요로 하는 연구와 인재를 배출함으로써 산학연의 관계가 밀착되고 실용적인 연구를 통해서 국제 경쟁력을 키워 나가야겠다.

### (5) 기초 데이터의 준비 철저

앞서 언급된 모든 개발 시스템의 실용화를 이루기 위해서는 첫 번째로 기초 데이터를 완비하는 것이다. 특히 생산계획의 생명이 유지되려면 계획수립에 사용되는 기초 데이터의 생성, 활용, 유지하는 일을 철저히 수행해야 한다. 이를 소홀하게 생각하면 생산계획의 질적인 향상은 시스템화 이전과 별 다를 바 없으며, 실패 사례가 될 수 있다. 조선 생산계획 업무의 절반 이상은 이러한 기초데이터를 생성, 분석하는데 할애하고 있다. 따라서 생산계획 시스템을 개발할 때는 이러한 사항을 중요시하여 기초(입력) 데이터를

쉽게 생성할 수 있도록 개발자는 배려를 해야 한다. 또한 기초 데이터의 정도를 높이기 위해서는 데이터 표현의 일관성 유지, 실적 분석을 통한 보정을 하는 것이 중요하다. 생산계획에 필요한 데이터의 종류, 양식, 실적정리, 데이터베이스 구축을 통해 외형적으로는 체계적으로 유지, 활용할 수 있어야 하며, 내형적으로는 정도를 높여 일관성을 보장하여야 한다. 본 사례에서도 개발 후 이러한 기초 데이터가 문제시된 시스템이 있어서 기초 데이터를 재분석하고 이에 따라 시스템을 보완하고 있다.

#### (6) 인제는 양성해야 한다.

당사가 개발한 전문가시스템의 경우는 시스템 Integrator, Knowledge Engineer, 업무 전문가가 특히 요구된다. 그러나 제조 현장은 종합적인 전문 기술의 총합을 요구한다. 그러므로 잘 조직화하여 팀웍을 발휘하게 해야 한다. 인재를 양성하는 방법으로서 산학공동 연구 프로젝트를 통해서 Key Member를 양성 후 그들을 중심으로 저번 확대를 해 나가고, Task Force Team 운영 또는 사내에서 체계적인 교육 프로그램을 만들어 지속적으로 교육 훈련을 실시하는 방안이 유효한 것으로 생각된다.

## 5. 결 론

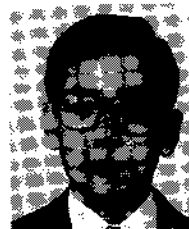
조선에 있어서 생산계획은 물류, 설비, 인력운영의 효율에 크게 영향을 주는 중요한 업무이다. 지금까지는 주로 실무자의 경험과 수작업에 의존해 왔으며, 시행착오를 거듭하면서 그 기술을 발전 시켜 왔다. 금 후에는 급속도로 발전하는 컴퓨터나 정보처리 기술을 응용하여 첨단화함으로써 업무의 효율화, 생산의 전체 최적화, 기술의 축적 및 계승을 도모해야겠다. 이를 실현해 감에 있어 산학연협동 연구가 필요하다. 기업은 기본에 충실하여 당면의 문제 해결과 현실적인 효율을 추구하고, 학연은 실용적인 연구로 기업의 취약점을 보완해 줌으로써 상호 이익 추구는 물론 국가 경쟁력을 확보할 수 있다. 그리고 새로운 시스템을 도입하기 전에 그것을 사용할 사람들을 숙달, 훈련을 시키고, 그 것을 받아들일 수 있는 여건을 조성해야 하

며, 시스템 도입 후 발생하는 여력을 재배치하는 계획을 수립해야 한다. 새로운 시스템 개발과 병행해서 사용자 부서의 업무 개선, 교육 훈련 등의 활동을 활발히 해 가야 성공할 수 있다.

당사의 생산계획시스템 개발 사례는 극히 부분적이고, 일례에 불과하지만 지난 경험을 바탕으로 앞으로의 연구 개발을 더욱 활성화하고, 효율적으로 추진할 예정이다.

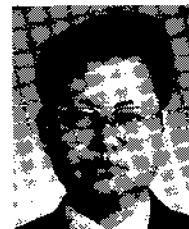
## 【 참고 문헌 】

- [1] 대우중공업(주), "초기일정·공정계획 일관시스템 개발," 선박설계·생산전산시스템(VI), 과학기술처, 제16권, 1995. 4.
- [2] 대우조선공업(주), 한국과학기술원경영정보공학과, "대우조선의 일정관리 전문가시스템의 개발," 3차년도 연구보고서, 1994. 1.
- [3] 대우중공업(주), 인하대학교자동차공학부, "대우조선 공정계획 전문가시스템 개발," 최종연구 보고서, 1995. 2.



서원철

대우옥포조선소 조선생산관리실장이며, 조선생산혁신 및 New Ship-building Concept 추진과 생산관리 업무의 혁신에 관심을 갖고 있다.



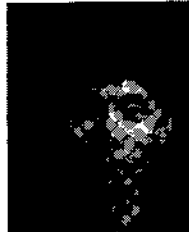
장세진

대우옥포조선소 조선생산관리실 SYSTEM연구팀장으로 생산관리시스템 및 조선CIMS구축 추진을 하고 있으며, 설계 및 공정·일정계획업무의 통합시스템 구축에 관심을 갖고 있다.



**김재근**

대우옥포조선소 조선생산관리실 SYSTEM연구팀에서 실내 데이터 베이스 통합 및 현업시스템 개선업무를 하고 있으며, 통합생산관리시스템 추진에 관심을 갖고 있다.



**이재동**

대우옥포조선소 조선생산관리실 SYSTEM연구팀에서 공정계획지원시스템의 연구개발을 하고 있으며, 공정·일정계획 시스템의 연구 개발에 관심을 갖고 있다.



**이광주**

대우옥포조선소 조선생산관리실 SYSTEM연구팀에서 생산계획 지원 전문가시스템과 CAD시스템 실용화를 하고 있으며, 통합생산관리시스템 구축에 관심을 갖고 있다.



**김종곤**

대우옥포조선소 조선생산관리실 SYSTEM연구팀에서 일정·공정계획 지원시스템 개발을 하고 있으며, 생산관리 통합데이터베이스 구축에 관심을 갖고 있다.