

조선 중일정계획시스템을 위한 공정계획 객체 설계에 관한연구

최해주, 박주철

울산대학교 산업보경영공학과

icezone93@orgio.net

Abstract

The mid-schedule planning of the ship is making a schedule about the process from cutting to erection. The ship consists of lots of blocks. This block has different process because of the shape of the block varies in accordance with the ship-type and the part position of the ship. The type and order of each block process initially must be generated for the mid-schedule planning. In this paper, the process planning, described as above is preparing the basic information before scheduler make a plan with the prepared manhour. The scheduling is done with this process planning which includes the information of the process order.

This paper shows the research about three methods to design the process planning. First, investigate the expression method about information of the process planning for the mid-schedule planning in real workplace. Second, design the object of the process planning on the basis of investigating the expression method. Finally, develop the prototype of object on the basis of this designed process planning and then find the practical use in the mid-schedule planning.

The object, which is developed in this paper, contains the main algorithm. In case of developing The Mid-Schedule Planning System, this object is expected to be utilized very easily as consisting another object.

1. 서론

선박의 건조는 가공, 소조, 조립, 외장, 도장, 탑재 등의 과정을 거치게 된다. 이 중에서 작업 시간이 긴 조립공정은 블록을 생산하는 과정으로 탑재공정과 함께 매우 중요한 부분을 차지한다. 블록은 크게 선박의 중앙부분(midship)을 구성하는 평블록(panel block)과 선수(bow)나 선미(stern)를 구성하는 곡블록(curved block)으로 구분되어지며, 서로 다른 작업장에서 조립이 이루어진다. 조립된 블록들은 후행공정인 외장공정과 도장공정을 각각의 작업장에서 마치게 된다. 또한 후행공정이 완료된 블록들은 도크에서 대형 크레인을 사용하여 탑재함으로써 선박을 구성하게 된다.

조선 중일정계획은 조선소의 두 주요 자원인

도크와 내업공장의 작업을 중심으로 계획이 이루어진다. 조선의 일정은 납기를 중시하여 기본적으로 후행공정인 도크공정(건조)에 대한 계획을 먼저 실시하고 이로부터 역산하여(Backward Scheduling) 내업공정에서의 조립완료 요구일을 계산하고 이를 내업공정의 납기로 하여 내업계획이 수립된다[2].

선박을 구성하는 블록은 선박내 소속 구획 및 선박의 종류에 따라 그 형상이 다양하여 이를 제작하기 위한 공정의 구성이 달라진다. 따라서 중일정계획을 위해 우선 각 블록별 경유 공정의 종류와 순서를 규정할 필요가 있다. 본 논문에서는 이를 공정계획이라 하며, 중일정계획은 이러한 공정계획에 나타난 공정의 종류에 대해서 순서를 고려하여 일정을 편성한다.

본 논문은 중일정계획을 하기위해 기본정보를 제공하는 공정계획 객체 설계를 하고, 공정계획 객체를 이용한 중일정계획 결과를 제시하고자 한다.

2. 조선 중일정계획과 공정계획

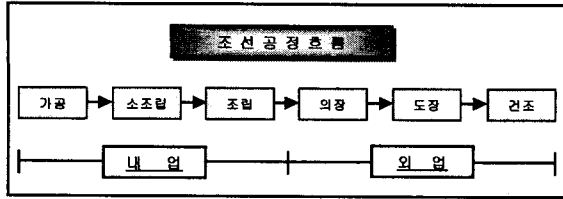
2.1 조선공정과 중일정계획

조선공정은 크게 내업공정, 외업공정 2개의 공정으로 구분된다. 내업공정은 배의 구성품이 블록을 가공, 조립하는 공정을 말하며 작업이 주로 육내 공장에서 이루어진다. 외업공정은 완성된 블록을 육외로 반출하여 야드에서 도장, 외장, 건조 등의 작업이 이루어진다. 외업공정 내의 공정으로 건조공정은 최종적으로 선박을 구성하는 작업인 탑재, 철목, 취부, 용접 등이 이루어진다.

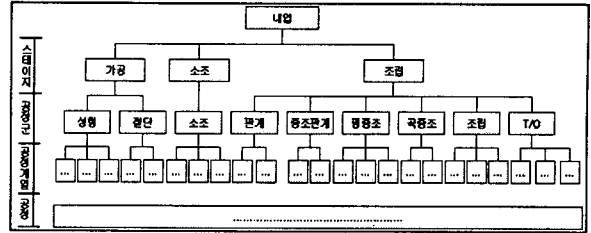
<그림 1>은 조선공정을 도식화해서 표현한 것이며, <표 1>은 각 세부공정의 작업내용을 정리한 것이다. 세부공정이 본 연구의 대상이 되는 공정이며 세부공정의 종류와 그 순서는 블록의 특성에 따라서 다양하다. <표 1>에서 구분되는 코드는 공정계획의 내·외업공정을 식별하기 위해 본 연구에서 정의한 것이다. 용어중 '대형블록'은 외업공정의 최종산출물을 나타내는 것이며, 내업공정의 산출물인 블록 하나 혹은 여러개의 블록들이 결합된 것을 말한다.

중일정계획은 <표 1>의 세부공정에 대한 계획을 담당한다. 선박의 생산을 계획대로 진행하기 위해서는 외장자재의 투입과 작업용 생산도면의 준비가 필요한데 중일정계획을 기준으로 이들 자재에 대한 발주와 도면작성 작업계획이 만들어진 것이다. 따라서 중일정계획은 선박생산의 기준일정(Master Production Schedule)을 만드는 일정계획으로 조선 생산계획에 대한 골격을 구성하는 중요한 역할을 담당하며, 공정계획은 표준일정을 생성

하기위한 기본정보를 제공한다[1].



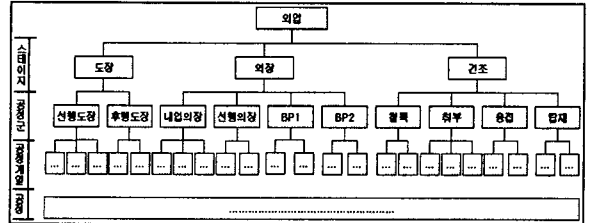
<그림 1> 조선공정의 흐름



<그림 2> 내업 공정계층도

<표 1> 조선 세부공정의 구성

구분	세부공정	설 명	구분코드
내업	가공	블록을 구성하는 각종 강재의 절단 및 성형	CUT
	내부재조립(소조립)	블록 내부재의 조립작업	SA
	판조립(중조립)	블록을 구성하는 판별의 관계 및 중조립	PM,CM
	블록조립	내부재와 판을 결합하여 블록을 구성하는 작업	AS
외업	선형의장	블록내에 의장품을 설치하는 작업	PF
	1차선형 탑재	대형블록을 구성하기 위한 1차 결합작업	PE1
	선형도장	블록단위의 도장작업	PT
	B-STAGE 의장	도장 후 의장품을 설치하는 작업	BP1
	2차선형 탑재	탑재용 대형블록에 최종결합작업	PE2
	B-STAGE 의장	대형블록 탑재 전 의장품을 설치하는 작업	BP2
	P.E JOINT 도장	탑재용 대형블록에 대한 도장작업	PP
	탑재	크레인으로 대형블록을 도크에 안치하는 작업	EREC



<그림 3> 외업 공정계층도

2.2 대상공정 선정 및 공정계획 정보표현

조선공정은 그 관점에 따라 여러가지 형태로 분류가 가능하다. 장기계획관점에서는 공정을 포괄적인 방식으로 파악하고 단기적 작업지시계획을 위해서는 작업단위와 같은 세부적인 방식으로 공정을 표현한다. 현재 조선소에서 사용되고 있는 공정개념은 포괄적인 것과 세부적인 것이 혼재되어 있으며 이들 간의 체계적인 구분방법이 정리되어 있지 못하다[2].

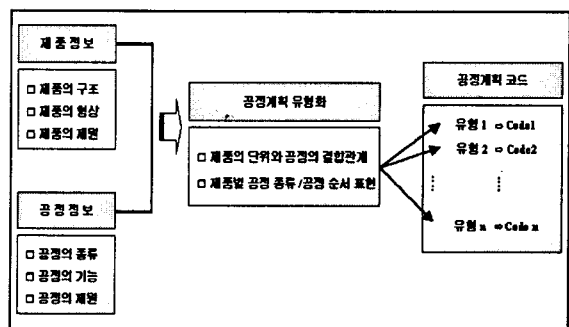
'H'사에서는 공정계층도라는 표현을 사용하고 있지는 않지만 내업을 중심으로 다음과 같은 공정계층의 개념이 설정되어 운용되고 있다[1].

- 스테이지에 의한 공정표현 : 기본계획(CRP)등에서 사용하는 공정표현으로 가장 포괄적인 형태의 공정을 나타낸다.
- 공정군에 의한 공정표현 : 스테이지를 몇 개의 독립적인 작업 단위로 나눈 공정표현으로 중일정계획에서 사용하는 공정을 말한다.
- 공정계열에 의한 공정표현 : 중일정계획과 작업 지시계획에서 중복사용할 수 있는 공정표현을 말한다.
- 공정에 의한 공정표현 : 작업지시계획에서 사용하는 공정표현으로 가장 세부적인 작업단위를 나타낸다.

본 논문에서는 이러한 공정에 대한 관점을 중일정계획시스템에 해당되는 세부공정인 공정군까지 체계적으로 정리하여 이를 공정계층도로 표현한다. 공정계층도는 공정표현에 대한 관점을 계층화 및 그룹화시켜 정리하는 것을 말한다. 또한 공정계층도상의 공정계층과 중일정계획시스템을 관련시킴으로써 본 논문의 대상이 되는 제품단위를 명확히 할 수 있다. 참고로 <그림 2>, <그림 3>에 내·외업 공정계층도의 일부가 표현되어 있다.

<그림 2>, <그림 3>에서도 알 수가 있듯이 공정계층개념만 간단히 언급을 하며, 이러한 조선의 공정계층개념을 공정군에 의한 내업·외업으로 구분해서 공정계획 정보표현을 개발하고, 대상공정은 공정군에 의한 공정표현을 중일정계획의 표준공정으로 삼는다.

공정계획 정보표현은 내·외업공정계열이라는 조선에서의 표현방식을 그대로 수용해서 표시한다. 공정계열이란 표준화된 공정계획을 말하는 것인데 블록이 가지는 내·외업공정의 종류와 공정간의 순서를 유형화해서 이를 코드로 표기한 것을 나타낸다. 특정 블록에 대해서 내·외업공정계열 코드가 결정되면 그 블록이 가지는 내·외업공정의 종류와 공정간의 선후관계가 모두 표현된다. <그림 4>에서 공정계획 코드의 개발에 대해 표현한 것이다.



<그림 4> 공정계획 코드 개발

2.3 조선에서의 제품단위와 공정간의 결합관계

본 논문에서 취급하는 스테이지는 가공에서 건조에 이르는 조선 선각공정의 대부분을 다루며 이들 공정에 따라 강재의 절단, 소조립, 조립, 탑재 등이 이루어지며 최종적으로 선박이 만들어진다. 따라서 중일정이 만들어지는 제품단위가 스테이지별로 달라진다. 본 논문에서 취급하는 제품단위에는 LOT, 단위블록, 조립블록, MIS블록, 탑재단위 등이 있다. 이들의 의미와 적용스테이지는 <표 2>와 같다[1].

<표 2> 제품단위와 공정간의 결합관계

제품단위	작업 스타터지 / 공정군	내	외
LOT	가공, 소조	가공, 소조 단위	
단위블록	판계, 중조판계, 평중조, 곡중조	조립블록을 구성하는 판	
조립블록	조립, T/O, 도장, 의장	조립블록	
MIS블록	PE	PE단위(MIS단위) - 몇 개의 블록이 결합	
탑재단위	도크건조	탑재네트워크의 노드단위	

3. 내·외업 공정계획객체

3.1 내업공정계획과 외업공정계획

건조를 제외한 공정중 조립이후 작업이 이루어지는 공정들을 일괄하여 외업이라 하며, 조립을 비롯한 그 이전공정들을 내업이라 한다. 외업과 내업의 공정계획은 블록이 가질 수 있는 공정순서의 유형을 공정계열이라 불리는 코드에 따라 미리 정해두고 블록별로 특정공정계열코드를 부여하는 방식으로 진행된다. 2절에서 설명된 바와 같이 공정계열코드는 제품정보와 공정정보의 결합관계를 이용하여 유형별로 나타낸 것이다[1].

3.2 외업공정계획 객체

외업공정 계획은 외업공정계열이라는 표현방식을 조선에서 사용하는 것을 수용해서 표시한다. 외업공정계열이란 블록이 가지는 외업공정의 종류와 공정간의 순서를 유형화해서 이를 코드로 표기한 것을 나타낸다. 특정 조립블록에 대해서 외업공정계열코드가 결정되면 그 블록이 가지는 외업의 공정종류와 공정간의 선후관계가 모두 표현된다. 외업공정계열에는 공기가 포함되어있지 않으며 공기는 표준공기테이블을 이용해서 생성한다. <표 3>은 외업공정계열의 일부를 DEFINE한 것이다[1].

<표 3> 외업공정계열 DEFINE

외업공정계열	주공정	부공정	주공정 공정군 Buffer1	주공정 공정군 Buffer2	주공정 공정군 Buffer3	주공정 공정군 Buffer4	주공정 공정군 Buffer5	주공정 공정군 Buffer6	주공정 공정군 Buffer7	주공정 공정군 Buffer8	내업공정군	외업공정군
OFLOW	MAN-FLOW	SUB-FLOW	MF1	MF2	MF3	MF4	MF5	MF6	MF7	SF1	EREC	
	246578			1								1
10	3467	23		1							1	1
11	23467			1	1							1
12	23467		1	-2	1							1
20	37	23		1							1	1
21	257			1								1
22	2367			1								1
30	2467			1								1
40	26											1
50	346578	23		1	1						1	1
51	2345678			1	1							1

* 위의 주공정에서 각 번호는 다음과 같은 공정을 L/E한다.

1	T/O제일	2	산행의장	3	판(내업블록을 구성하기 위한 1차 결합판)
4	선별도장	5	PRE조립작업 (내업블록 최종결합판)	6	BP1, BP2블록도장 (FINAL, CABLE도장/제일)
7	BP3(내업블록 최종)의 도장을 실시하는 작업	8	PPPE JOINT 도장		

<표 3>에서 공정군 Buffer는 앞공정의 완료일과 뒷공정 착수일 간의 날수로 표시된 차이를 나타낸다. 또 주공정과 부공정은 공정의 중첩을 표시하기 위한 구분이다. 예를들면, 외업공정계열이 10인 경우는 공정2(선행의장)와 공정3(PE1)이 공정4(선행도장)의 선평공정으로 서로 중첩이 된다. 외업공정계열코드에 의해서 외업공정계획을 실시할 수 있는 외업공정계획 객체(<그림 5>)를 개발하여 이를 중일정계획시스템 모듈에서 사용한다.

```

class OutProPlan (
    int assdue; //조립완료요구일
    int assfinish; //조립완료일
    int assstart; //조립착수일
    int noofout; //외업공정수
    int noofrow; //줄수(화면 display용)
    int outsch[8][3]; //외업공정별 공정번호/착수일정/공기/후속공정
    COBList* outprocodetable; //외업공정계열테이블
    BOOL outschedule (int eredate, CString outcode, int dur[8],
        int buffdur, int assdur); //외업 스케줄
)
    
```

<그림 5> 외업 공정계획 클래스

<그림 5>의 외업공정계획 클래스는 최초로 생성될때 DB의 외업공정계열 테이블을 읽어 outprocodetable이라는 객체리스트를 구성한다. 클래스의 멤버함수인 outschedule()은 공기와 공정계열코드를 입력받아 외업공정의 착수일과 조립의 착수, 완료일을 계산한다. 계산된 일정은 외업공정계획 클래스의 각 멤버에 저장되어 필요할 때 참조될 수 있다. 외업공정계획 클래스는 표준외업일정이 필요한 경우에 해당 모듈에서 객체로 선언되어 사용될 수 있다 .

3.3 내업공정계획 객체

내업의 공정계획도 외업의 경우와 마찬가지로 조선에서 사용하는 내업공정계열을 그대로 사용한다. 내업공정계열의 의미는 외업의 것과 같으며 다만 내업공정의 공정종류와 순서를 나타낸다. 그러나 내업공정계열의 경우는 각 공정의 전형적인 공기를 코드구분에 포함하고 있다. 또한 내업공정계열코드에 의해서 내업공정계획을 실시할 수 있는 내업공정계획 객체를 개발하여 이를 중일정계획시스템 뿐만 아니라 필요한 모듈에서 사용할 수 있도록 한다. <표 4>는 내업공정계열코드의 일부를 DEFINE한 것이다[1].

<표 4> 내업공정계열 DEFINE

내업공정계열	공정	착수	공기	일구분	후공정	단위번호	비고
INCODE	PROCESS	START	DUR	ROWNO	AFTERCODE	DBLSTR	REMARK
D01	C2	-3	2	4	AS		'2' LOT 가용
D01	AS	0	0	4			조립
D01	CK	-2	2	5	SK		'K' LOT 가용
D01	SK	0	3	5	AS		'K' LOT 소조
D02	CR	-3	2	1	LH		'R' LOT 가용
D02	LH	-1	3	1	CM		LH
D02	CM	2	2	1	AS	01	곡중조
D02	C1	-7	3	2	S1		'1' LOT 가용
D02	S1	-4	4	2	AS		'1' LOT 소조
D02	AS	0	0	2			조립
D02	C2	-5	2	3	PN		'2' LOT 가용
D02	PN	-2	2	3	AS	2	판계
D02	CL	-7	2	4	SL		'L' LOT 가용
D02	SL	-5	2	4	PN		'L' LOT 소조
D02	CK	-3	2	4	SK		'K' LOT 가용
D02	SK	-1	3	4	AS		'K' LOT 소조
D03	CR	-2	2	1	LH		'R' LOT 가용
D03	LH	0	3	1	AS		LH
D03	C1	-7	3	2	S1		'1' LOT 가용

<표 4>에서 INCODE는 내업공정계열코드를, PROCESS는 해당 공정코드를, START는 해당공정의 착수일을, DUR은 해당공정의 공기를, AFTERCODE는 START이후의 공정을 각각 나타낸다. START는 조립착수를 0으로 한 상대적인 일자이며 Net일수로 표현한다. ROWNO는 화면표시 시에 활용하기 위한 행번호를 나타내며 공정계획을 위한 정보는 아니다. 공기가 0으로 표시된 AS공정은 조립을 나타내는데 이는 내업공정계열이 조립을 포함하지 않기 때문이다. 조립의 경우는 외업에서 계산된 조립완료일과 별도로 구해진

조립공기를 이용해서 그 착수일이 정해진다. <표 4>에서 진한 사각형으로 되어있는 부분이 D02 이라는 하나의 내업공정계열에 대한 공정들을 표현한 것이다. D02은 가공1의 경우 조립착수를 0 일로 했을 때 -7일차에 시작하여 3일간 진행된다. D02에 속하는 나머지 공정들도 이와같은 방식에 따라 착수와 진행기간을 모두 구할 수 있다.

본 논문에서는 내업공정계열코드에 의해서 내업공정계획을 실시할 수 있는 객체를 개발하여 중일정계획시스템 모듈에서 사용할 수 있도록 하고 있다. 내업공정계획 클래스는 아래 <그림 6>과 같이 정의된다.

```

class InProPlan {
    CObList* inprocodetable; //내업공정계열테이블
    InProObject* inschobj; // 내업일정리스트
    // (공정코드, 착수, 공기, 행번호)
    BOOL inschedule (int asstart, CString incode); // 내업 스케줄
};
    
```

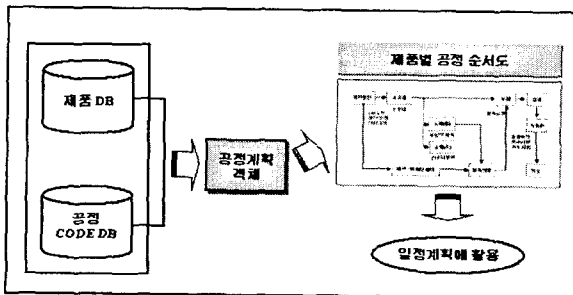
<그림 6> 내업공정계획 클래스

<그림 6>의 내업공정계획 클래스는 최초로 생성될때 DB의 내업공정계열 테이블을 읽어 inprocodetable이라는 객체리스트를 구성한다. 클래스의 멤버함수 inschedule()은 조립착수일과 내업공정계열코드를 입력받아 내업의 공정별 일정을 생성하고 이를 리스트로 구성해 inschobj라는 객체에 저장한다. 외업의 경우와 마찬가지로 내업공정계획 클래스도 이를 필요로 하는 모듈에 객체로 선언되어 사용될 수 있다.

4. 공정계획 객체 활용

4.1 표준일정의 생성

건조계획에서는 선공정의 부하를 보기위해 외업과 내업의 일정을 참조한다. 내업과 외업의 일정이 생성되어있지 않은 경우 표준에 의해 이들의 일정을 생성해준다. 표준일정의 생성은 탑재일정을 이용하여 BACKWARD 방식으로 외업일정과 조립완료일을 먼저 생성한 다음, 내업일정을 생성하는 방식으로 진행된다. 이때 공정의 종류와 그 순서를 파악하기 위해서 위 3절에서 언급한 외업공정계열 객체와 내업공정계열 객체를 활용한다. <그림 7>



<그림 7> 일정계획을 위한 공정계획 객체 활용

4.2 마스터 일정계획표

마스터 일정계획표는 호선별로 작성되며, 가공에서 탑재에 이르는 세부공정에 대한 일정을 모두 표시한다. 건조계획에서는 이들 일정에 대한 참고용 일정표로 이를 제공 하고 있으며 부분적으로 편집할 수 있는 기능을 제공한다. 일정의 표시는 조선에서 사용하고 있는 방법을 그대로 사용하여 표시한다.

<그림 8> 조선 공정계획 객체를 적용한 MASTER SCHEDULE 결과

5. 결론

본 논문은 조선의 중일정계획을 위한 공정계획 객체 설계를 하는 것을 목적으로 하였다. 이러한 공정계획 객체 설계를 위해서는 계획의 개념을 공정계획과 일정계획으로 나누고 이러한 계획을 위한 정보표현, 객체설계 및 프로토타입 구현 등의 연구를 수행했다. 수행된 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 공정의 종류와 순서정의
- 공정계획을 위한 정보 표현
- 외업공정계획을 위한 데이터 표현과 객체정의
- 내업공정계획을 위한 데이터 표현과 객체정의
- 내업 및 외업 표준일정 생성 적용

본 논문은 공정계획 정보의 표준화를 통한 중일정계획 수립 자동화에 접근하였으며, 공정계획정보의 DATA화 및 DATA해석 객체의 개발을 통한 공정계획 정보의 활용이 기대된다. 또한 객체의 개발로 인한 공정계획 수용이 용이하며, 공정계획과 중일정계획의 유기적인 결합으로 중일정계획에 용이하다.

참고문헌

- [1] 박주철 외, "조선 선각중일정시스템 개발 최종보고서", 울산대학교 생산성연구소, 1997.6.
- [2] 박주철, 황하룡, "조선 기준일정계획을 위한 계획 절차의 개발", 산업공학, 11권3호, 1998.11.
- [3] 오정수, "조선에서의 선각 블록 조립 공정계획에 관한연구", 공학박사 학위논문, 부산대학교, 1999.2.
- [4] 조규갑, 류광렬, 최형림, 이수홍, 정동수, 윤성태, "선각내업 공정설계 자동화시스템의 개발", 산업공학, 8월2호, 1995.7.