응용논문

多段階 並列機械 흐름생산에서 JIT 일정계획

유 철 수* · 이 영 우** · 정 남 기**

A JIT Production Scheduling in Multi-Level Parallel Machine Flow Shops

Chul-soo Yoo · Young-woo Lee · Nam-kee Chung

〈Abstract〉

Defined is a Multi-level Parallel Machine Flow-Shop (MPMFS) which reflects some real world manufacturing situations. Just-In-Time (JIT) philosophy is applied to the MPMFS scheduling in order to achieve lowering work-in-process inventory level as well as meeting due dates. A schedule generating simulator is developed. The latest start time of each operation is determined by a backward simulation followed by another forward simulation to analyze the schedule feasibility and actual inventory level. Reasonable schedules are available through adjusting some parameters for allowance factors such as set-up times of machines and other environmental changes. The SLAMSYSTEM under Window is employed for this processing with some input/output data handling processes devised under DOS.

1. 서 론

흐름생산에서는 첫공정의 작업순서가 다음 공정에서도 계속 지켜지므로, 일정계획을 세울 때 첫공정의 작업순서를 잘 정하는 것이 중요하다. 잘 알려진 Johnson의 해법은, 총가공시간을 최소화시키는 작업순서를 제시하는데, 각각 한기계로 구성된 두공정에만 제한적으로 적용된다[4]. 그러나 흐름생산 공장의 실제환경을 보면,

① 여러 종류의 품목들이 여러 단계의 공정을 거치고,

② 각 공정의 작업능력은 서로 다르며,

③ 각 공정에 배치된 기계수도 다양하며,

④ 각 작업에 사용가능한 기계의 수에 제한이 있기도 하다.

이와 같은 흐름생산은, 기존의 흐름생산 범주에서 기계와 작업의 의미를 더욱 일반화시킨 모형이다. 우리는 이 모형을 "多段階 並列機械 흐름생산"이라 정의한다.

多段階 並列機械 흐름생산은, 공정순서가 일정한 것을 제외하고는 job-shop과 비슷한 작업여건이 되어, 일정계획을 수립하기가 쉽지 않다. 한공정에 여러대의 기계가 있고, 작업별로 사용가능한 기계수에 제한이 있기도 하여서, 가공품목의 공정별 작업순서를 정하기가 쉽지 않기 때문이다.

이 연구의 목표는, 이 생산체제를 효과적으로 운영

* 동신전문대학 산업경영과

** 전남대학교 산업공학과

할 수 있도록, 공정별로 각 기계에서 가공되는 품목의 생산량과 생산시기를 결정하는 일정계획을 세우는 것이다. 계획을 세울 때마다, 불량률, 작업여유, 가공시간 등의 변화를 반영하여, 작업지시서로 활용될 수 있도록 한 것으로, 다음 사항을 만족시키도록 작성된다.

① 각 품목의 생산량을 납기내에 완성시킨다.

② 공정간 완충재고를 줄인다.

③ 품목의 교체횟수를 줄여 기계의 교체시간과 비작업시간을 줄인다.

이 일정계획은, JIT(Just-In-Time) 제조환경을 구축하도록 수립된다. 소롯트생산을 위한 짧은 준비시간이 일부공정에 갖추어져 있지 않는 多段階 竝列機械 흐름생산에, 최종공정에 의한 끌어당기기 생산체제(pull system)을 유도하여 JIT 생산이 실현될 수 있는 스케쥴링 방법을 제시한다.

본 연구처럼, 多段階 竝列機械로 구성된 복잡한 흐름생산에 대한 일정계획법을 제시하지는 않지만, JIT 시스템의 스케쥴링과 관련된 연구들이 있다. Miltenburg[7]가 다품종 조립라인의 균형있는 생산을 위하여, 이론적 근거에 의한 스케쥴링 알고리즘과 발견적 기법을 소개하였다. Miltenburg와 Sinnamon[8]은 이 연구를 확장시켜, 多段階 제품을 생산하는 JIT 시스템의 스케쥴링을 위한 수학적 모형과 스케쥴을 결정하는 기법을 연구하였다. Chapman[3]은 JIT 시스템을 적용하였을 때, 최종조립라인을 안정시키기 위한 일반적인 모형을 제시하면서, 최종제품수준에서 재고유지를 강조하는 연구를 하였다.

2. 모형 및 사례

2.1 모형

앞으로 이 논문에서 다루려는 문제를 명확히 하고 설명을 간편하게 하기 위하여, 서론에서 언급한 多段階 竝列機械 흐름생산을 다음과 같이 모형화해 두기로 한다.

① 생산품목 종류가 K개이며, 품목 k(=1,2,...,K)의 생산요구량은 Q_k이고, 납기는 D_k이다.

② 공정수는 N으로 多段階이며, 공정 n(=1,2,...,N)에는 M_n대의 기계가 있다.

③ 품목별 생산량은 납기와 함께 확정적으로 주어진다.

④ 공정 n의 기계 i에서 품목 k를 한단위 가공하는 작업시간은 P_{nik}이다.

⑤ 공정 n의 기계 i에서 품목 k를 가공하기 위한 교체시간은 S_{nik}이다.

⑥ 공정 n에서 품목 k가 배정받을 수 있는 기계 i의 최대숫자는 M_n^{ik}로 제한되어 있다.

⑦ 앞공정에서 작업은 뒷공정의 수요에 부족함이 없도록 진행되어야 한다.

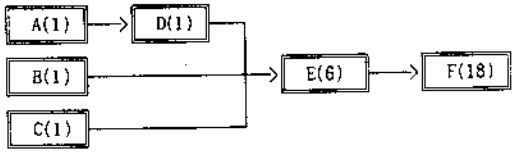
⑧ 각 공정사이에 완충재고를 허용한다.

⑨ 일정계획수립 기간은 W(日)이다.

본 연구의 제조모형은 흐름식으로 배치되어 있고, 각 공정에서는 여러 종류의 가공품이 작업가능하다는 점에서 JIT를 적용할 수 있는 여건이 된다. 그러나, JIT 생산을 위한 주요 조건인 짧은 준비시간을 모든 공정에서 만족하고 있지 못하여, 완벽한 JIT 생산은 어려운 상황이다. 긴 준비시간을 갖는 공정에서는 롯트를 적절히 편성하여 롯트별 생산을 추진하는 것이 오히려 바람직하다. 참고문헌 [1]의 多水準 총비용최소법은 이와 같은 곳에 적용될 수 있는 하나의 롯트 편성방법이다. 본 연구에서는, JIT 적용조건이 일부 갖추어지지 않은 제조여건에서도, JIT 생산을 위한 일정계획을 수립하려 한다.

2.2 사례

본 연구의 대상이 되는 多段階 竝列機械 흐름생산 모형 중 하나의 사례를 설명한다. 〈그림 1〉은 실제 제조현장의 사례를 개략적으로 설명해 주는 것이다. 공정 A, B, C, D에서 각 요소품목들이 가공된 후, 공정



〈그림 1〉 제조공정의 모형

E에서 조립되고, 최종공정 F를 거쳐 가공이 완료된다. ( )안의 숫자는 공정별 기계수를 나타낸다.

공정 E까지는 가공품이 4종류이나, 공정 F에서는 17종류의 제품으로 생산된다. 가공시간과 가공품 교체를 위한 준비시간은, 공정 A, B, C, D에서는 짧고, 공정 E와 F에서는 다른 공정들과 비교하여 볼 때 큰 값을 갖는다. 특히, 공정 F는 기계의 수는 많지만 준비시간으로 인하여 애로공정(bottleneck)이 되고 있다.

이 모형을 운영하는 여건은 다음과 같다.

① 月생산요구량이 납기와 함께 주어진다.

② 최종공정 F의 각 기계는, 제품마다 다른 종류의 금형을 사용하는데, 제품별 금형보유수가 다르다.

③ 공정 F의 각 기계는, 두개의 금형을 사용하여 동시에 두제품을 생산한다.

④ 공정 F에는 준비작업과 점검을 위한 작업자가 필요하다.

⑤ 공정 E 이전의 재공품은, 가공시간이 짧고 크기가 작고 재고량이 많지 않아서 문제가 되지 않으나, 공정 E와 공정 F 사이의 재공품은 가공시간과 준비시간이 길고 부피가 클 뿐만 아니라 그 양이 많다.

⑥ 공정 A, B, C, D, E에서는 롯트를 편성하여, 롯트단위로 생산한다.

이러한 생산여건에서, 月생산계획 및 제품정보의 일부 실례가 표 1과 같다.

3. 後進전개 일정계획

제품의 종류, 수량 또는 구성품의 수, 반복작업의 시간간격, 작업장의 여건 등에 따라 일정계획을 수립하는 방법은 다양하지만, 전개방식에 따라 前進전개 일정계획과 後進전개 일정계획으로 나눌 수 있다. 前進전개 일정계획은 가장 빠른 작업착수시점(the earliest start time)에 맞추어 계획을 세우고, 後進전개 일정계획은 납기를 기준으로 가장 늦어도 되는 작업착수시점(the latest start time)에 맞추어 계획을 세운다[2].

본 연구에서는, 後進전개 시뮬레이션을 먼저 수행하여, 최종공정 생산계획에 맞춘 각 공정의 기계별 일정계획을 산출해 낸 후, 前進전개에 의하여 이 계획을 평가하는 2단계 방법을 쓰고 있다. 우리는, 납기를

〈표 1〉 제품별 생산계획 및 가공정보의 실례

제품 (k)	월생산량 (Q_k)	납기 (D_k)	공정 F 금형수 ($M_F^{(k)}$)	공정별 표준가공시간(P_{ik}:分)						준비시간(S_{ik}:分)
				A	B	C	D	E	F	F
1	9,200	30	12	0.010	0.015	0.015	0.020	2.25	14.00	60.00
2	5,600	30	8	0.010	0.010	0.015	0.010	1.61	13.00	55.00
3	8,200	20	8	0.010	0.010	0.015	0.010	1.61	13.00	67.00
4	6,800	30	8	0.010	0.010	0.015	0.010	1.61	12.60	60.00
5	3,300	30	16	0.010	0.010	0.010	0.010	1.73	12.80	65.00
6	12,500	30	32	0.020	0.020	0.010	0.020	1.50	12.50	50.00
7	5,100	25	4	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.30	55.00
8	7,200	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.00	75.00
9	3,500	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.30	48.00
10	4,200	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.50	60.00
11	3,500	15	4	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.80	60.00
12	2,100	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.50	60.00
13	5,600	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	12.70	60.00
14	1,800	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	13.30	60.00
15	6,500	30	4	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	13.30	60.00
16	4,100	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	13.60	60.00
17	4,500	30	8	0.020	0.010	0.010	0.010	1.73	13.30	60.00

만족하면서 재고감소와 불필요한 조기작업착수를 줄이려는 목표를 가지고 있으므로, 後進전개에 의하여 다음과 같은 잇점을 살릴 수 있다.

① 가능한 한 납기에 맞추어 생산하도록 작업착수시점을 늦추므로서, 불필요한 재고를 줄일 수 있다. 즉, 원자재의 불필요한 조기구입을 방지하고, 재공품을 감소하며, 완성품의 재고시간을 최소화한다[11].

② 각 공정에 생산정보(작업착수시점과 생산량)를 제시한다. 최종공정의 작업계획에 따라, 역방향 계산에 의하여 생산정보를 전달하는 것은, 칸반(Kanban) 방식에서 칸반에 의하여 정보를 제시하는 것과 같은 역할을 한다.

③ 각 공정에 대한 능력소요계획의 필요성을 줄일 수 있다. 최종공정에서 능력을 평가하여 가능한 최대능력으로 작업을 할당한 후, 각 공정의 일정계획이 이에 따라 수립되므로, 공정별 생산능력내에서 계획이 세워지게 되어 능력계획의 중요성이 감소된다.

④ JIT 생산의 효과를 얻을 수 있다. JIT 생산을 위한 여건이 성숙되지 않는 곳에서도, JIT 개념을 도입하게 함으로, 작업부하의 차이에 의한 많은 중간재고 보유의 문제 및 복잡한 관리체제의 운용 문제 등을 분석할 수 있다.

後進전개 일정계획 후 前進전개는 각 단계의 재고수준을 측정하기 위하여 요구된다. 즉, 後進전개의 재고는 실제 재고상황을 나타내는 것이 아니며, 실제 공정재고 상황을 파악하기 위해서는 前進전개가 필요하다. 앞공정의 생산능력이 뒷공정의 능력보다 더 작을 때, 後進전개에 의한 재공재고는 실제로는 발생하지 않는 것이며, 앞공정의 생산능력이 뒷공정의 능력보다 더 큰 경우는, 後進전개에서는 재고가 생기지 않으나 실제로는 재고가 발생한다.

작업착수시점과 재고상황의 비교를 위하여 〈표 2〉의 간단한 예제를 본다. 가공순서는 ⓐ→ⓑ라 하자.

〈표 2〉 後進전개 일정계획과 前進전개 일정계획의 비교를 위한 가공시간 예제

제품\공정	공 정 1	공 정 2
ⓐ	2	2
ⓑ	1	3

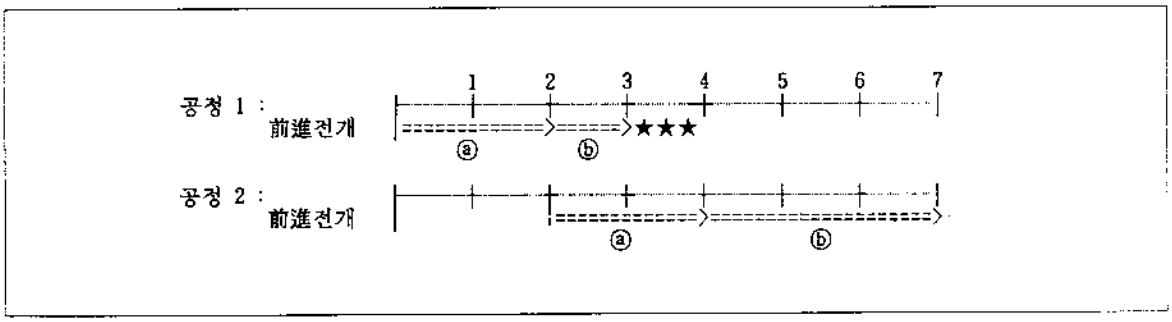
前進전개 일정계획은 〈그림 2〉와 같으며, 後進전개 일정계획 후 前進전개는 〈그림 3〉과 같다.

두 제품의 납기는 모두 같으나, 공정 1에서 제품 ⓑ의 작업착수시점이 다름을 알 수 있다. 〈그림 2〉에서는 〈그림 3〉에 비하여 재공재고가 '★★★' 표시된 1 기간만큼 더 많다. 이는 납기에 맞추어 중간재고를 감소하려는 JIT 생산의 측면에서 後進전개 일정계획의 타당성을 보여준다.

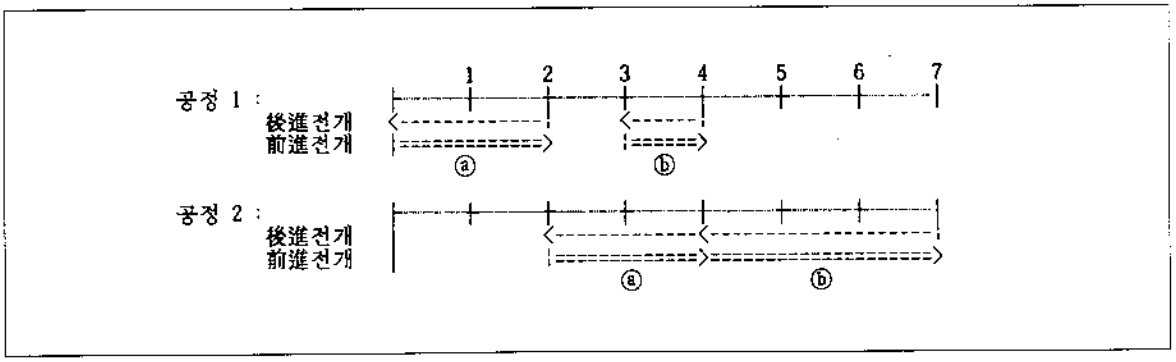
4. 일정계획의 수립

JIT 생산을 위한 일정계획 수립 과정의 전체적인 흐름이 〈그림 4〉와 같다.

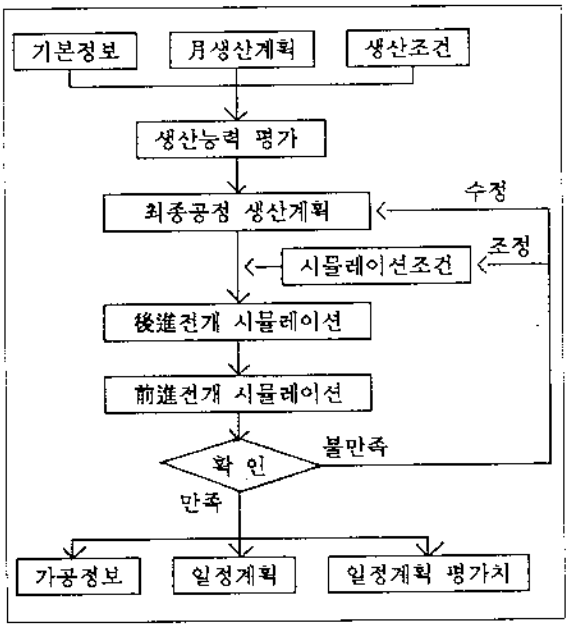
입력과정에서는 기본정보(가공시간, 준비시간, 이동시간, 금형보유수 등), 月생산계획(생산량, 납기 등), 생산조건(불량률, 작업여유 등)에 대한 데이타가 입력된다. 최종공정 생산계획 과정에서는 생산능력의 타당성을 확인하고, 최종공정의 기계별 日日생산계획을



〈그림 2〉 前進전개 일정계획



〈그림 3〉 後進전개 일정계획 후 前進전개



〈그림 4〉 일정계획의 수립과정

세운다. 이 계획을 근거로 後進전개 시뮬레이션을 수행하여 각 공정의 기계별 일정계획을 잠정적으로 정해두며, 前進전개 시뮬레이션에서는 수립된 일정계획의 평가치를 산출한다. 마지막, 출력과정에서는 가공정보, 일정계획, 일정계획의 평가치에 대한 정보들이 출력된다.

4.1 최종공정 생산계획

최종공정 생산계획에서는 최종공정 각 기계의 日日 생산제품을 결정한다. 이 생산계획은, 다른 공정의 일정계획, 기계교체횟수 및 시간, 중간재고현황 등에 큰 영향을 미치게 되므로, 이 계획의 수립방법은 매우 중요하다.

먼저, 최종공정의 생산능력을 평가한다. 각 제품에 할당되는 기계수를 결정하고, 보유설비로 생산요구량을 충분히 감당할 수 있는가를 판단한다. 가동 기계수는 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$\text{가동 기계수} = \frac{\text{가동필요시간}}{\text{작업가용시간/대}}$$

이것을 모형의 사례에 적용하여 보자.

공정 F에서 품목 k를 납기내에 생산하기 위하여 필요한 기계수를 C_{Fk}라 하면, 작업가용시간은 월초부터 납기 D_k까지이므로, 다음 식에 의하여 가동 기계수가 결정된다.

$$\frac{C_{Fk} = (Q_k P_{Fik} + S_{Fik} E_k) / \{(60\text{분} \times 24\text{시간})\ A_F\}}{D_k}$$

단, E_k : 품목 k의 교체횟수

A_F : 공정 F의 기계가동률

공정 F에서 필요한 총기계수는,

$$C_F = \sum_{i=1}^{K} C_{Fi}\ (D_i / W)$$

이다. 이 값은 납기내 생산을 목표로 하였을 때 필요

한 기계수를 나타내며, 최종공정의 최대사용가능기계수와 비교되어, 생산가능여부를 판단하는데 이용된다. 즉, $C_{Fk} \leq M_F^{ik}$ 이고, $C_F \leq M_F$ 일 때, 품목 k의 납기내 생산이 가능하다. 두조건이 모두 만족되지 못하면, 기계가 부족하여 생산요구량을 납기내에 생산할 수 없는 품목이 있게 된다.

다음, 구체적으로 각 기계별 생산계획을 세운다. 이 계획의 수립방법은 여러가지가 있겠으나, 여기에서는 작업우선 규칙을 이용하는 발견적 방법을 사용하였다. 사례의 경우, 생산요구량은 月단위로 결정되어 있으므로, 최종공정 생산계획은 1개월간 기계별 日日 생산제품을 결정하는 것이다. 여기서 사용된 규칙들은 다음과 같다.

① 납기가 빠른 제품을 선택한다. 같은 납기의 경우, 잔여금형수(=금형보유수-필요금형수)가 적은 제품을 선택한다.[제품선택 규칙]

② 생산량이 배정된 날짜가 가장 짧은 기계를 선택한다.[기계선택 규칙]

③ 기계가 선택되면, 배정이 안된 날짜부터 납기 또는 작업필요일까지 생산량을 배정한다.[생산량배정 규칙]

이상의 과정을 요약하면 다음과 같다.

단계 1. 생산능력을 평가한다.

○ $C_{Fk} \leq M_F^{ik}$ 이고, $C_F \leq M_F$ 이면, 단계 2로 간다.

○ 그렇지 않으면, 중지하고 생산요구량을 조정한다.

단계 2. 제품선택 규칙에 의하여 제품을 선택한다.

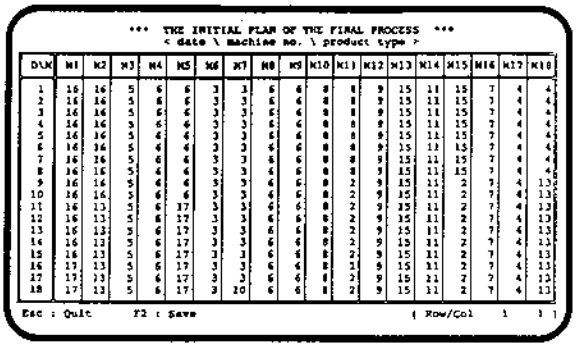
단계 3. 기계별 생산량을 금형보유현황을 감안하여 배정한다.

단계 4. 모든 제품이 선택될 때까지 단계 2로 간다.

이상의 방법에 의하여, 산출한 최종공정 생산계획의 일례가 〈그림 5〉다. 각 번호는 각 기계가 담당하는 생산제품을 나타낸다.

4.2 시뮬레이션

여기서는 수립된 최종공정 생산계획을 기초로, 後進전개와 前進전개 시뮬레이션을 이용하여 각 공정의 기계별 일정계획을 세운다. 시뮬레이션을 위하여



*** THE INITIAL PLAN OF THE FINAL PROCESS ***
< date \ machine no. \ product type >

DAY	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
1	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
2	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
3	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
4	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
5	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
6	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
7	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
8	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	8	9	15	11	15	7	4	4
9	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
10	16	16	5	6	6	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
11	16	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
12	16	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
13	16	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
14	16	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
15	16	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
16	17	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
17	17	13	5	6	17	3	3	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13
18	17	13	5	6	17	3	20	6	6	8	2	9	15	11	2	7	4	13

Esc : Quit F2 : Save (Row/Col 1 1)

〈그림 5〉 최종공정 생산계획

SLAMSYSTEM을 활용하는데, 문제의 복잡성 때문에 FORTRAN을 이용한 사용자 정의 program을 추가하여 사용하였다.

일정계획을 세우기 위한 後進전개 시뮬레이션은 다음과 같이 진행된다.

① 시뮬레이션은 계획완료시점(월말)에서 최종공정 F부터 역으로 수행된다.

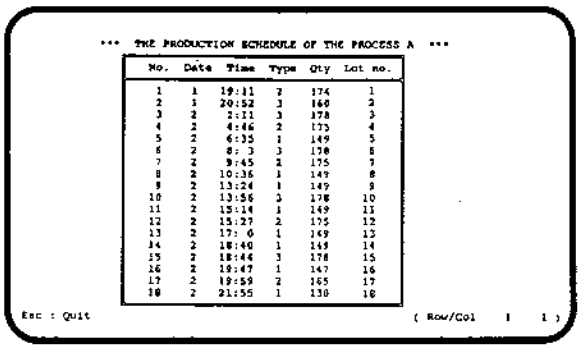
② 공정 F에서는 각 기계에 교대조별로 생산제품을 할당한다.

③ 공정 A, B, C, D, E에서는, 기계별 교대조별로 각 작업의 가공품목, 작업시점, 생산량 등에 대한 구체적인 정보를 제시한다.

④ 공정 E의 작업을 할당할 때, 多水準 총비용최소법[1]을 활용하여, 롯트를 편성한다. 이 롯트는 공정 A, B, C, D에도 적용된다.

공정 A부터 공정 E의 계획들은 앞뒤공정의 작업에 밀접하게 영향을 미치는 것으로, 가공품목, 작업일, 작업시각, 생산량 및 롯트번호에 대한 구체적인 정보를 제공하여 작업지시서로 직접 활용되도록 작성된다. 비록, 이 시스템이 칸반을 사용하지는 않으나, 칸반방식에서 칸반이 도착함으로서 작업착수시점 및 생산량에 대한 정보를 제공하는 것과 같은 효과를 갖는다. 〈그림 6〉은 공정 A의 일정계획의 일례이다.

수립된 일정계획의 타당성을 확인하기 위하여 前進전개 시뮬레이션을 수행한다. 이 결과는, 여러개의 일정계획으로부터 만족할 만한 하나의 계획을 선택하는 기준이 된다. 前進전개 시뮬레이션은 다음과 같은 원칙하에서 작성되었다.



〈그림 6〉 공정 A의 일정계획

① 後進전개 시뮬레이션에서 수립한 일정계획을 기초로 하여 선행된다.

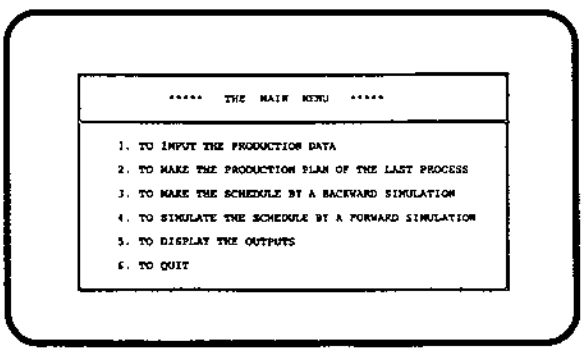
② 월초부터 실제 작업처럼 시뮬레이션을 진행한다.

③ 생산량, 각 공정 사이의 중간재고 수준, 공정 E와 공정 F의 기계별 교체횟수, 각 공정의 기계부하, 작업자의 작업부하를 기간별로 파악하고, 종합 생산현황보고도 日단위로 알 수 있게 하여, 일정계획을 효과적으로 평가하는 수단으로 활용한다.

④ 시뮬레이션 결과를 사용자가 쉽게 확인할 수 있도록 출력시킨다.

4.3 활 용

일정계획 방법이 효율적으로 활용되도록, 그림 4에서 제시한 과정이 통합관리되는 시뮬레이터를 작성하여 운영하였다. 〈그림 7〉은 시뮬레이터의 主메뉴 화면이다. 제조여건의 변화가 쉽게 입력되며, 단계별로



〈그림 7〉 시뮬레이터의 主메뉴 화면

일정계획이 수립되고, 시뮬레이션 결과가 다양하게 출력되므로, 여러 종류의 일정계획을 쉽게 산출할 수 있다.

보다 효율적인 일정계획을 산출할 수 있도록, 생산계획 여유율 p와 시뮬레이션 여유시간 s를 사용한다. 생산계획 여유율은, 작업대기와 같은 지연시간을 최종공정 생산계획에 반영하기 위한 것으로, 순수한 가공시간에 (1+p)를 곱한 값을 총가공시간으로 사용하기 위한 것이다. p가 너무 작으면, 작업대기와 같이 미리 계산할 수 없는 지연시간을 충분히 반영하지 못함으로 일부 제품이 납기내에 생산되지 못하는 경우가 생기며, 너무 크면, 작업이 없는 여유시간이 너무 많아져 효과적인 계획을 제공하지 못하게 된다.

시뮬레이션 여유시간(分)은, 前進전개 시뮬레이션할 때, 교대조(8시간)마다 주어지는 여유시간이다. 後進전개 시뮬레이션의 결과를 그대로 前進전개 시뮬레이션에 반영하면, 제조일정계획에 여유가 전혀 없게 되는데, 시뮬레이션 여유시간은 이에 여유를 준다.

표 3은, 예제에 대한 시뮬레이션 결과로서, 제품별 납기내 생산현황, 공정 E와 공정 F의 교체횟수, 네가지 중간부품의 평균 재고수준, 그리고, 각 공정 및 작업자의 작업부하를 나타낸다. 시뮬레이션 여유시간에 따라, 중간재고 수준과 공정 E의 교체횟수가 변화됨을 알 수 있다. 여유시간이 너무 크면 일부 품목의 납기내 생산이 불가능하여 진다.

이 연구 결과, 多段階 並列機械 흐름생산 공장의 일정계획 부문에 대한 문제점을 해소시킬 수 있게 되었다. 이제까지 이 연구의 대상이 된 공장에서는, 복잡한 제조여건 때문에 합리적인 일정계획방법을 찾지 못하고 있었으며, 이로 인하여 불필요한 재공재고를 보유하고 있었다. 품절을 막기 위하여 일정량의 재고(예:하루분 재고)를 확보해 두는 정책을 쓰고 있었던 것이다. 이 연구에서 제시한 일정계획은 평균 47분 정도의 재공재고품만 보유하더라도 모든 품목을 납기내에 생산할 수 있게 한다.

일정계획을 위한 全과정들이 통합관리됨으로서, 여러 종류의 일정계획이 쉽게 산출될 수 있고, 그 중에 만족스러운 하나를 선택할 수 있게 되었다. 〈그림 4〉에서 설명한 것처럼, 최종공정 생산계획의 일부를 수정

〈표 3〉 시뮬레이션 결과

구 분		p=0.12			
		s=0.0	s=0.3	s=0.6	s=0.8
납기내 생산	완성 제품종류	17	17	17	16
	생산 미달량(개)	0	0	0	14
교 체 횟 수 (회)	최종공정 F	25	25	25	25
	공정 E 기계 1	57	62	62	51
	기계 2	59	61	55	62
	기계 3	72	65	66	69
	기계 4	56	58	57	59
	기계 5	56	46	50	48
	기계 6	23	26	22	16
중 간 재 고 (개)	공정 type 1 사이 A-D type 2	0.2	0.2	0.2	0.2
		0.2	0.2	0.2	0.2
		0.2	0.1	0.2	0.2
	type 4	0.2	0.1	0.1	0.2
	공정 type 1 사이 D-E type 2	36.1	37.3	36.8	35.6
		36.1	36.1	35.8	35.5
		35.9	34.7	34.4	35.7
	type 4	31.4	31.3	30.5	32.0
	공정 type 1 사이 B-E type 2	35.6	36.9	36.2	35.0
		35.5	35.6	35.2	35.1
		35.2	34.2	33.7	35.2
	type 4	30.8	30.8	30.1	31.6
	공정 type 1 사이 C-E type 2	35.3	36.6	35.9	34.7
		35.3	35.3	34.9	34.8
		35.1	34.0	33.5	34.9
	type 4	30.6	30.6	29.9	31.3
	공정 type 1 사이 E-F type 2	54.2	30.4	30.9	31.9
		21.2	26.8	22.3	19.3
		29.4	25.0	22.9	21.7
	type 4	46.2	46.2	46.6	46.6
작 업 부 하 (%)	공정 A	6.0	5.7	6.0	5.9
	공정 B	7.2	7.1	7.6	7.6
	공정 C	7.0	6.9	7.2	7.1
	공정 D	7.4	7.5	7.3	7.5
	공정 E	68.4	68.2	68.2	67.9
	공정 F	77.3	77.2	77.3	77.2
	작업자	28.1	28.3	28.0	28.0

하거나, 시뮬레이션 조건을 조정하는 방법에 의하여 더 좋은 일정계획을 산출해 볼 수 있다. 또한, 가공시간, 불량률, 작업여유 등 제조여건이 변경된 경우, 이 변화를 반영한 일정계획을 쉽게 얻을 수 있게 되었다.

5. 결 론

생산품목의 다양성, 서로 다른 납기, 공정별 작업부하의 차이 및 큰 교체시간을 갖는 多段階 並列機械 흐름생산에서, 납기를 준수하면서 중간재고를 줄이는 JIT 일정계획을 수립하였다. 먼저, 작업량을 산출하여 생산능력을 평가하고, 작업우선 규칙을 이용하여 최종공정 생산계획을 수립하였다. 다음으로, 조기작업착수를 막고 중간재고를 줄이기 위하여 後進전개 시뮬레이션 방법을 채택하여 일정계획을 세운 후, 前進전개 시뮬레이션을 통하여, 납기준수, 중간재고 수준 및 교체횟수 등을 기준으로 평가하였다. 이 방법을 실제 제조모형의 사례에 적용한 결과, 중간재고를 하루분 정도에서 47분 정도로 줄이면서 납기를 준수하는 일정계획이 제시되었다.

일정계획의 全과정을 통합관리하는 시뮬레이터가 작성되어서, 여러 종류의 일정계획이 쉽게 산출될 수 있고, 그 중에 만족스러운 것을 선택할 수 있게 되었다. 제조여건의 변화도 쉽게 반영될 수 있게 되었다.

이 연구는, 後進전개에 의하여 끌어당기기 생산을 유도하고, 이에 맞추어 각 공정의 기계별 생산일정계획을 제시하므로, JIT가 갖는 잇점인 계획 및 관리기능의 단순화와 중간재고의 감축 등을 실현시킬 수 있었다.

【참고문헌】

[1] 정남기, 유철수, "중소기업을 위한 JIT 생산방식 : 생산계획의 수립과 칸반의 운용", 산업공학, 제5권 제2호, pp. 29-37, 1992

[2] J. Browne, J. Harhen and J. Shivnan, *Production Management Systems : A CIM Perspective*, Addison-Wesley Publishing Company, 1988

[3] S. N. Chapman, "Schedule Stability and Implementation of Just-In-Time", *Prod. and Invt. Mang. J.*, Third Quarter, pp. 66-70, 1990

[4] R. W. Conway, W. L. Maxwell and L. W. Miller, *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley Publishing Company, 1967

[5] Y. Golhar, C. L. Stamm and W. P. Smith, "JIT Implementation in Small Manufacturing Firms", *Prod. and Inv. Mang. J.*, Second Quarter, pp. 44-48, 1990

[6] M. Gravel and W. L. Price, "Using the Kanban in a job shop environment", *International Journal of Production Research*, Vol. 26, No. 6, pp. 1105-1118, 1988

[7] J. Miltenburg, "Level Schedules for Mixed-Model Assembly Lines in Just-In-Time Production Systems", *Management Science*, Vol. 35, No. 2, pp. 192-207, February 1989

[8] J. Miltenburg and G. Sinnamon, "Algorithms for Scheduliing Multi-Level Just-In-Time Production Systems", *IIE Transactions*, Vol. 24, No. 2, pp. 121-130, May 1992

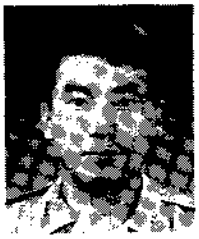
[9] P. R. Philipoom, L. P. Rees, B. W. Taylor, III and P. Y. Huang, "A Mathematical Programming Approach for Determining Workcentre Lotsizes in Just-In-Time System with Single Kanbans", *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 1, pp.1-15, 1990

[10] R. V. Ramasesh, "Recasting the Tarditional Inventory Model to Implement Just-In-Time Purchasing", *Prod. and Invt. Mang. J.*, First quarter, pp. 71-75, 1990

[11] T. E. Vollmann, W. I. Berry and D. C. Whybark, *Manufacturing Planning and Control Systems*, Richard D. Irwin Inc., 1988

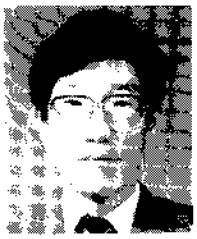
유철수(俞哲秀)

아주대학교 산업공학과, 조선대학교 산업공학과(석사)를 졸업하고, 전남대학교 산업공학과에서 박사과정중.
현재 동신전문대학 산업경영과에 재직중.
한국기계연구소 재직중 GT 및 MRP에 대하여 연구한 바 있으며, 현재 관심분야는 JIT, Simulation, CIM관련기술임.



이영우(李榮雨)

육군사관학교, 전남대학교 산업공학과(석사) 졸업
현재 육군 대위로 군복무중.
관심분야는 Simulation임.



정남기(鄭南基)

서울대학교 산업공학과, 한국과학기술원 산업공학과(석사), 한국과학기술원 경영과학과(박사) 졸업.
현재 전남대학교 산업공학과에 재직중. 생산관리시스템(MRP, JIT)의 설계 및 운용에 관심이 있으며, 현재 Constraint Satisfaction Problem(CSP)모형을 이용한 스케줄링과 Simulation을 이용한 생산시스템 운용에 관한 연구를 수행중임.