

Job Shop 작업계획의 실제적 접근을 위한 할당규칙*

The New Dispatching Rules for Practical Approaches of Job Shop Scheduling

배상윤**

Bae, Sang Yun

Abstract

In the study, we propose, for the practical approaches of job shop scheduling, the new dispatching rules of job shop scheduling in order to complement the practical applications in the existing researches. The performance of the new dispatching rules is compared and analyzed with the existing methods through the computer experiments in the assumed conditions. The results can be useful to improving a field application of the job shop scheduling.

1. 서론

본 연구에서는 서로 다른 설비가 다양한 부품(job)의 공정(operation)을 작업함으로써 계획 및 통제가 어려운 job shop에서 실제적으로 보완된 할당규칙(dispatching rules)에 의한 작업계획(scheduling) 방법을 제시하고자 한다. Job shop 형태의 생산체제로는 금형, 공작기계 및 특수산업기계와 자동차 부품 등을 생산하는 공장과 넓게 보면 대학, 식당, 병원, 자동차 수리센터, 학원 등도 포함된다고 볼 수 있다. Job shop 형태의 생산체제는 전체 제조업의 60% 이상이고 그 비율은 증가 추세로 나타나고 있다.

Job shop 작업계획은 상위 시스템에서 수립된 부품의 개시일 및 납기일과 공정계획 등의 생산계획을 받아, 부품을 완성해 나가는 데 필요한 공정의 순서를 지키는 순서제약(precedence constraint)과 설비가 어떤 작업시점에 한 개의 공정만을 작업하고 작업이 완료되기 전에 다른 공정의 작업을 시작할 수 없는 설비제약(capacity constraint)을 지키며 각 설비에 대한 부품의 공정별 시작 및 완료 시점을 계획하는 것이다[2].

작업계획이 현장에 대한 실제적 접근 측면에서 적용이 어려운 이유는 기존연구에서 작고 잘 정형화된 job shop 작업계획 문제의 좋은 해를 산출하는데 중점을 두어왔기 때문으로 볼 수 있다[3, 6]. 이러한 문제는 순서제약과 설비제약만을 기본제약으로 하고 대안설비(alternative machine)에 의한 설비유연성(flexibility), 공용 지그 및 고정구(jig and fixture)와 작업자 등의 추가설비 등을 추가 제약으로 고려하고 있지 않다. 작업계획 성능에 영향을 주는 작업부하의 편중으로 인한 설비별 작업부하 불균형, 납기촉박성(duedate tightness) 등의 요소에 대한 고려도 찾아보기 힘들다. 또한 수학적으로 최

* 본 연구는 2001학년도 전주공업대학 산업기술연구소의 연구비 지원에 의하여 이루어졌음

** 전주공업대학 시스템정보경영과

적에 가까운 해를 산출하는 데 많은 시간을 소요함으로써 현장에서 빈번하게 요구되는 재작업계획(rescheduling)에 대한 요구를 수용하기가 어렵다.

작업계획의 실제적 접근에 의한 현장 적용성을 보완하기 위해서는 우선 기존 문제의 가정에서 대안설비에 의한 설비유연성으로 순서제약과 설비제약의 가정을 완화하고, 공용 지그 및 고정구나 작업자 제약을 추가하고, 설비별 작업부하 불균형, 납기촉박성 등의 영향을 고려하여야 한다[4, 5, 7, 8, 11]. 다음은 빠른 시간에 작업계획 산출이 가능한 기법의 적용으로 현장의 예측하지 못한 설비고장, 공구파손, 긴급품 발생, 자재고갈, 품질문제, 작업자 결근, 주문취소, 납기변경, 잔업, 교대작업, 공정계획 변경, 작업시간 부정확 등의 동적 상황을 반영한 재작업계획이 쉽게될 수 있어야 한다[6].

본 연구의 목적은 설비유연성에 의한 순서제약 및 설비제약의 가정 완화, 공용 지그 및 고정구나 작업자 제약의 추가, 설비별 작업부하 불균형 및 납기촉박성 등의 요소를 고려하고 예기치 않은 상황을 반영하여 빠른 시간에 재작업계획을 산출할 수 있는 새로운 할당규칙에 의한 작업계획 방법의 개발이다. 제안된 새로운 할당규칙과 작업계획 방법은 컴퓨터 실험을 통하여 설비유연성, 공용 지그 및 고정구와 설비별 작업부하 불균형 및 납기촉박성에서 성능이 비교 분석된다. 본 연구는 기존의 작업계획 연구를 현실성 면에서 보완하여 현장의 정확한 작업계획 및 통제를 가능하게 하고 또한 대안설비 및 지그 및 고정구를 마련하는 비용과 납기준수 및 제조원가를 절감시키는 이익을 비교하는 설비투자모델 등에 활용될 수 있다.

2. 문제 설정과 할당규칙

2.1 문제설정

본 연구는 job shop 작업계획의 실제적 접근을 위하여 다음 <표 1>과 같이 기본 가정의 완화와 추가제약들을 고려한다.

<표 1> 작업계획의 기본가정과 실제적 접근을 위한 가정

| | 기본 가정 | 실제적 접근을 위한 가정 |
|---------|--|--|
| 순서제약 | 각 부품은 서로 독립적인 다른 공정순서를 갖고 한 부품내의 공정은 선·후행 관계가 있다. | 변동없음 |
| 설비제약 | 각 설비는 어떤 작업 시점에 하나의 공정만을 작업할 수 있고 작업이 완료되기 이전에 중단하지 않는다. | 변동없음 |
| 추가설비 제약 | - 공정을 작업하는 설비는 단일설비로 지정된다. - 설비 외의 모든 자원은 무한하다고 가정한다. | - 공정을 작업하는 복수개의 대안설비가 있다. - 기본 설비 외에 지그 및 고정구와 같은 보조 설비는 유한하다고 가정되어 추가설비 제약이 있다. |
| 작업 | 작업계획 시점에 모든 작업이 시작 가능하다. | - 각 작업의 시작가능시간이 서로 다르다. - 각 작업의 납기가 서로 다르다. - 각 작업의 공정 수가 서로 다르다. - 재작업계획 시점에 완성되지 않은 작업의 남아있는 공정부터 작업계획이 가능하다. |
| 공정 | - 각 공정의 작업시간은 서로 다르다. - 각 공정의 작업시간에는 준비시간과 운반시간이 포함되어 미리 확정적으로 결정되어 있다. | 변동없음(설비가 작업 중에 다음 공정에 대하여 지그 및 고정구 등을 사용하여 작업을 준비하고 작업물을 운반한다고 가정함) |
| 설비 | 작업계획 시점에 모든 설비가 작업 시작 가능하다. | 작업계획 시점에 각 설비의 작업 시작 가능 시간이 서로 다르다. |

본 연구에서 사용하는 기호는 부품과 공정을 나타내는 부품 i 의 시작가능시각 s_i , 납기 d_i , 부품 i 의 일정계획된 가공완료시각은 c_i , 부품 i 의 j 번째 공정 (i,j) , 작업시간 pt_{ij} , (i,j) 를 포함한 부품 i 의 나머지 공정수 O_{ij} , (i,j) 를 포함한 부품 i 의 나머지 공정의 작업시간의 합 R_{ij} , (i,j) 를 작업계획하는 시점에서 납기까지의 작업여유시간, $SL_{ij}=(d_i - \sigma_{ij} - R_{ij})$, 공정 (i,j) 의 공정납기 d_{ij} 가 있다. 설비를 나타내는 기호는 설비 k 의 사용가능시각은 f_k , 작업계획된 후 설비 k 의 사용완료시각은 fc_k , 설비 k 에서 작업되는 공정의 작업시간의 합 fw_k , (i,j) 의 대안 설비 수 m_{ij} , 공정 (i,j) 의 대안 설비 집합 MC_{ij} , (i,j) 의 대안설비 중에서 (i,j) 의 작업을 위해 선택된 설비는 mm_{ij}^* , 지그 및 고정구 g 의 사용가능시각은 h_g 로 한다. 작업계획 방법을 표현하기 위해서 사용되는 기호는 (i,j) 를 가장 빨리 시작할 수 있는 시각 σ_{ij} , 알고리즘의 t 반복에서 작업계획 가능한 공정들의 집합 S_t , t 반복까지 작업계획된 공정들의 집합은 PS_t 로 정의한다. 총처리시간(makespan)은 C_{max} , $C_{max}=\max\{c_i\}$, 설비가동률은 U_{mean} , $U_{mean}=\sum_i \sum_j pt_{ij} / \sum_k fc_k$ 로 정의한다. 기존 연구에서 설비가동률은 $\sum_k fw_k / C_{max} \cdot mk$ 으로 정의하여 가장 늦게 끝나는 설비의 완료시각이나 가장 늦게 끝나는 부품의 완료시각을 모든 설비의 작업 완료시각으로 하고 있다. 이러한 설비가동률 정의는 한번만 작업계획을 산출하는 경우에는 문제가 없지만, 빈번하게 재작업계획을 하는 경우에 각 설비의 다른 사용가능시각을 사용하기 때문에 적합하지 않게 된다. 편의상 부품의 최대수는 m_j , 부품당 공정의 최대수는 m_{oi} , 설비의 최대수는 mk 로 정의한다.

작업계획의 성능은 부품의 처리시간과 납기 만족으로 평가된다[3]. 처리시간과 관련된 척도는 총처리시간, 평균처리시간, 최대대기시간, 평균대기시간과 평균재공재고 등이 있는데, 작업계획되는 모든 부품의 완료시간 합을 부품수로 나누어 구하는 평균처리시간 $C_{mean}=\sum_i c_i / m_j$ 은 공장의 혼잡도와 재공재고의 수준을 나타내는 척도로 현장에서 중요하게 다루어져 왔다[3]. 납기만족과 관련된 척도는 평균순수납기지연, 최대순수납기지연, 납기지연 부품수 등이 있고, 이중에서도 특히 납기가 지연된 부품의 총 납기지연시간의 합을 부품수로 나누어 구하는 평균순수납기지연 $T_{mean}=\sum_i [c_i - d_i]^+ / m_j$ 은 고객의 만족도와 납기지연벌금에 관련되어 있어 이론 및 현장 적용 연구 모두에서 중요한 척도로 연구되어 왔다[1, 11]. 본 연구에서는 작업계획의 현장 적용을 위한 실제적 접근을 위하여 평균처리시간과 평균순수납기지연을 작업계획 방법의 성능평가 척도로 사용하고자 한다.

2.2 할당규칙 정보

할당규칙은 부품의 공정순서에 의하여 선행공정이 작업계획된 후보공정들을 선택하여 설비들에게 작업계획하는 우선순위 정보로 공정의 작업시간 pt_{ij} , 공정의 시작가능시각 σ_{ij} , 부품의 총작업시간 R_{i1} , 부품의 남은 공정의 작업시간 R_{ij} , 부품의 남아 있는 공정수, 작업부하, 납기까지의 작업여유시간, 부품납기, 납기임계비, 공정납기 등을 이용한다[1, 3, 11]. 다음 <표 2>는 기존에 개발된 할당규칙, 사용하는 정보와 우선순위 지표를 보이고 있다. 모든 할당규칙은 계산된 우선순위지표의 값이 낮은 공정일수록 할당을 위한 우선순위가 높은 것으로 한다.

<표 2> 기존의 할당규칙

| 할당규칙 | 할당규칙이 사용하는 정보 | 우선순위지표 |
|----------------|----------------------|---|
| SPT LPT | 공정의 작업시간 | pt_{ij} $-pt_{ij}$ |
| FCFS LCFS | 공정의 시작가능시각 | σ_{ij} $-\sigma_{ij}$ |
| TWR | 부품의 총작업시간 | R_{ij} |
| MWKR LWKR | 부품의 남아있는 작업시간 | $-R_{ij}$ R_{ij} |
| MOPNR LOPNR | 부품의 남아 있는 공정 수 | $-O_{ij}$ O_{ij} |
| MST | 납기까지 작업여유시간 | SL_{ij} |
| EDD MDD | 부품납기 수정된 부품납기 | d_i $\max_i\{d_i, \sigma_{ij}+R_{ij}\}$ |
| ODD MOD | 공정납기 수정된 공정납기 | d_{ij} $\max_i\{d_{ij}, \sigma_{ij}+pt_{ij}\}$ |
| CEXSPT | 공정작업시간, 공정납기 | $d_i - R_{ij} - \sigma_{ij}, d_{ij} - pt_{ij} - \sigma_{ij}$ |
| Hybrid | 공정납기, 작업부하 | $\max_i\{d_i, \sigma_{ij}+R_{ij}\}, \max_i\{d_{ij}, \sigma_{ij}+pt_{ij}\}$ |
| CR+SPT | 납기임계비, 공정납기 | $\max_i\{\sigma_{ij}+(d_i-\sigma_{ij})/R_{ij}, pt_{ij}, \sigma_{ij}+pt_{ij}\}$ |
| S/RPT+SPT | 납기까지 작업여유시간, 공정납기 | $\max_i\{\sigma_{ij}+S_{ij}/R_{ij}, \sigma_{ij}+pt_{ij}\}$ |
| COVERT ATC | 공정의 작업시간, 순수납기지연 예측치 | $[\{1-(d_i-r_{ij}-t)^+/k.b.r_{ij}\}/pt_{ij}]^+$ $-\exp[-\{d_i-b(w_i-pt_{ij})-pt_{ij}-t\}^+/k.p]/pt_{ij}$ |

할당규칙은 단순한 구조와 국부적인 정보의 사용으로 작업계획 문제의 실제적 접근을 위한 가정의 완화나 기본 설비 외의 추가 설비 제약 등을 쉽게 고려할 수 있고 매우 빠른 시간에 재작업계획을 산출할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 좋은 품질의 작업계획을 산출할 수 있는 최적화 기법이나 발견적 기법들에 비하여 성능이 떨어지고 다양한 성능평가척도와 현장의 환경에서 일관성있게 우수한 결과를 보이는 할당규칙이 없다는 단점이 있다[1, 3]. 따라서 실제적 접근을 위한 작업계획의 성능평가척도와 환경에서 빠른 산출시간을 갖으면서도 좋은 품질을 보일 수 있는 새로운 할당규칙에 의한 작업계획 방법의 개발이 필요하다.

3. 작업계획의 실제적 접근

3.1 새로운 할당규칙

작업계획의 성능평가척도 평균처리시간 C_{mean} 에서는 공정의 작업시간, 부품의 총작업시간, 부품의 남아 있는 작업시간, 부품의 남아 있는 공정 수 등의 정보를, 평균순수납기 지연 T_{mean} 에서는 부품납기, 공정납기, 수정된 부품이나 공정납기, 작업부하, 납기임계비 등의 정보를 사용하는 할당규칙이 잘 적용되어 왔다[1, 3, 11].

할당규칙과 성능에 관한 기존연구를 토대로 컴퓨터 실험을 통하여 C_{mean} 에서는 부품의 남은 작업시간과 부품의 남은 공정 수가 적을 수록, T_{mean} 에서는 납기까지 부품의 총작업시간, 작업여유시간과 공정의 작업시간은 적고 부품의 남은 작업시간은 클수록, 부품이나 공정납기는 촉박할수록 우선 작업하는 것이 유리한 것으로 나타났다. 또한 설비의 작업부하 정보를 사용하면 순수납기지연을 줄이는 효과가 있었다.

설비유연성을 향상시키는 대안설비가 존재하는 경우, 부품의 남아 있는 공정 수와 작업시간을 나타내는 $O_{ij}=1+\sum_{j=1}^m 1$ 와 $R_{ij}=pt_{ij}+\sum_{j=1}^m pt_{ij}$ 를 대안설비를 고려하여

$OM_{ij} = 1 + \sum_{j=1}^m (1/m_{ij})$ 와 $RM_{ij} = pt_{ij} + \sum_{j=1}^m (pt_{ij}/m_{ij})$ 로 수정하여 사용하는 것이 작업계획의 성능을 높일 수 있다[11]. 이 방법은 할당규칙이 작업계획하는 공정을 선택할 때 후행공정들의 대안설비 수가 적을 수록 우선순위를 높게 하여 상대적으로 대안설비를 많이 갖는 부품의 작업계획을 뒤로 미루는 방법이다.

다음 <표 3>은 평균처리시간 C_{mean} 과 평균순수납기 지연 T_{mean} 를 줄이기 위해서 본 연구가 제시하는 새로운 할당규칙 RMO와 RMSDOD를 보이고 있다.

<표 3> 새로운 할당규칙

| 할당규칙 | 정보 | 우선순위지표 |
|--------|---|--|
| RMO | 부품의 남은 작업시간과 남은 공정 수가 적을 수록 우선 작업계획 | $RM_{ij} + OM_{ij}$ |
| RMSDOD | 납기까지 부품의 총작업시간, 작업여유시간, 공정의 작업시간은 적고, 부품의 남은 작업시간은 클 수록 우선 작업계획, 또한 설비의 작업부하가 높으면 수정된 부품납기, 그렇지 않으면 수정된 공정납기가 촉박할수록 우선하여 작업계획 | 만약 설비가 평균 이상의 작업부하를 갖으면 $RM_{ij} + SL_{ij}/RM_{ij} + pt_{ij} + \max\{d_i, \sigma_{ij} + RM_{ij}\}$ 그렇지 않으면 $RM_{ij} + SL_{ij}/RM_{ij} + pt_{ij} + \max\{d_i, \sigma_{ij} + pt_{ij}\}$ |

3.2 새로운 할당규칙을 사용한 작업계획 방법

본 연구에서 제시하는 작업계획 방법은 nondelay 작업계획 방법에서 할당규칙을 사용한 것으로 선행공정이 완료된 후보공정들 중에서 가장 빨리 시작될 수 있는 공정들에 대해 할당규칙의 가장 낮은 우선순위지표값을 갖는 공정의 순으로 작업계획을 전개시키는 방법이다. 기법의 절차는 다음과 같다.

단계 0. (작업계획 및 재작업계획 기본 데이터 초기화)

작업계획이나 재작업계획하는 시점에 현장에서 보고된 작업 진도 등의 데이터를 기초로 설비 k의 사용가능시각 f_k , 지그 및 고정구 g의 사용가능시각 h_g , 부품 i의 시작가능시각 s_i 를 지정하고 S_t 를 선행 공정이 완료된 공정으로 초기화한다. 계획기간에서 처음 작업계획할 때 부품 i의 시작가능시각 s_i 와 납기 d_i , (i, j)를 작업하는 대안설비 집합 MC_{ij} 는 상위 시스템에서 지시된 시각으로 한다. $t=1$, $PS_t = \emptyset$, $pt_{i0}=0$, $\sigma_{i0}=s_i$, $\sigma_{i0}=s_i$ 로 둔다. 단계 2에서 사용될 할당규칙을 지정한다.

단계 1. (σ^* 와 mm^* 결정)

S_t 에 있는 모든 공정 (i, j)의 대안설비 중에서 (i, j)를 가장 빨리 처리할 수 있는 설비 $mm_{ij}^* = \min_{k \in MC_{ij}} \{f_k\}$ 를 선택한다. $\sigma_{ij} = \max\{\sigma_{ij-1} + pt_{ij-1}, f_{mm_{ij}^*}, h_g\}$ 와 $\sigma^* = \min_{(i,j) \in S_t} \{\sigma_{ij}\}$ 를 계산하고 σ^* 를 갖는 (i, j)에 해당하는 설비 mm_{ij}^* 로 mm^* 를 결정한다.

단계 2. (작업계획공정 선택)

설비 mm^* 와 같은 설비 mm_{ij}^* 를 요구하고 $\sigma_{ij} = \sigma^*$ 인 (i, j)가 유일하면 (i, j)를 선택하고 단계 3으로 가고 그렇지 않으면 각 (i, j)에 대하여 지정된 할당규칙에 의해 작업계획될 (i, j)를 선택한다.

단계 3. (f_{m^*} 결정 및 종료조건 검사)

$f_{m^*} = \max\{\sigma_{ij}, f_{m^*}, h_g\} + pt_{ij}$ 로 둔다. S_t 로부터 단계 2에서 선택된 (i, j)를 꺼내어 PS_{t+1} 에 넣는다. (i, j+1)을 S_{t+1} 에 넣는다. 만약 $PS_{t+1} = \emptyset$ 이면 절차를 종료하고 그렇지 않으면 $t=t+1$ 로 두고 S_t 에 대해 단계 1로 돌아간다.

제시된 방법은 계획기간 중에 작업계획과 재작업계획을 하는 데 있어서 차이가 없다. 현장에서 선행공정이 작업 완료된 후보공정의 시작가능시각 기본 설비 및 지그 및 고정구와 같은 추가설비의 시작가능시각과 (i, j)의 대안설비 집합에 대하여 현장의 작업진도 및 설비 가용 정보 등을 활용하고 대안설비와 추가설비인 지그 및 고정구를 다루

고 있다는 점에서 기존의 nondelay방법과는 차이가 있다. 단계1에서 (i,j)의 대안설비가 여러대 있을 때 가장 빨리 시작하는 설비를 선택하게 하여 작업이 가능한 설비가 쉬지 않도록 한다. 작업계획 가능한 공정 (i,j)의 시작가능시각 σ_{ij} 은 선행공정의 완료시각 $\sigma_{ij-1} + pt_{ij-1}$, 설비의 시작가능시각 f_{mmij}^* 과 지그 및 고정구의 시작가능시각 h_g 을 비교하여 가장 늦은 시각으로 둔다. 단계 3에서 작업계획 상의 공정 (i,j)의 작업을 완료한 후의 기계 mm*의 시작가능시각 f_{mm}^* 은 σ_{ij} , (i,j)의 가공을 시작하기 이전의 f_{mm}^* 와 h_g 을 비교하여 가장 늦은 시각에 pt_{ij} 를 더하여 산출한다.

4. 비교분석

새로운 할당규칙에 의한 작업계획 방법의 성능을 기존의 방법과 비교하였다. 작업계획 방법은 대상 작업과 공정 수가 많고, 설비의 작업부하가 높고, 설비별 작업부하의 편차가 크고, 부품의 납기촉박성이 높고, 대안설비 수가 적어 설비유연성이 낮고, 공용 지그 및 고정구와 같은 추가설비 개수가 적을수록 좋은 작업계획을 하기가 어려운 것으로 나타났다.

작업계획의 성능 차이를 보이기 위하여 문제 크기는 50(부품수)×10(공정수)×10(설비수)로 하고 설비의 높은 작업부하를 주기 위하여 설비의 평균가동률을 90%정도, 설비별 작업부하의 편차를 주기 위하여 부품 내 공정들이 같은 설비를 대안설비로 지정 받을 확률을 10%로 주었다. 부품의 납기촉박성은 작업계획된 후 30% 정도의 부품이 납기 지연되도록 하고 설비유연성은 대안설비를 갖는 공정의 비율을 30%로 조정하였고 공정이 갖는 대안설비의 수는 구간 1에서 4를 갖는 일양분포로 발생시켰다. 공정의 작업시간은 1에서 99를 갖는 일양분포를 따라 발생시켰다. 공용지그 및 고정구의 수는 5개로 지정하였고 공정이 공용지그 및 고정구를 사용하는 비율을 30% 정도로 하였다.

이러한 가정으로 임의의 100개 문제를 발생시켜 성능평가척도 C_{mean} 과 T_{mean} 에 대하여 기존 잘 알려져 있는 20개의 할당규칙과 새로 제시한 2개의 할당규칙을 4.2절에서 제시한 새로운 할당규칙을 사용한 작업계획 방법으로 평가하였다. 실험결과는 100문제에 대해 2개 성능평가척도에서 22개 할당규칙이 가장 좋은해를 구한 회수와 해의 평균을 보여주고 있다. 하나의 작업계획을 산출하는 데 소요되는 계산시간은 Pentium IV 1.5 GHz 컴퓨터에서 0.05초 이하이므로 분석에서 제외하였다.

<표 4>는 100문제에서 할당규칙들이 구한 해의 평균 값, 가장 좋은 해를 구한 회수와 각 할당규칙의 순위를 나타내고 있다. 본 연구가 제시하는 새로운 할당규칙 RMO, RMSDOD는 기존의 다른 할당규칙들 보다 C_{mean} , T_{mean} 에서 비교적 잘 적용되는 것으로 나타났다. RMO는 C_{mean} 에서 비교적 좋은 결과를 보였고, RMSDOD는 T_{mean} 에서 안정적으로 좋은해를 구하였다.

이는 <표 3>에서 제시된 부품의 남은 작업시간과 공정 수가 적을 수록 우선 작업계획하는 할당규칙은 C_{mean} 에서 좋은 결과를 보이고 납기까지 부품의 총작업시간, 작업여유시간과 공정의 작업시간은 적고, 수정된 공정납기는 촉박하고, 부품의 남은 작업시간은 클 수록 우선 작업계획하는 할당규칙은 T_{mean} 에 유리함을 보이고 있다. 성능평가척도 C_{mean} 과 T_{mean} 에서 가장 좋은 해를 구한 기존 할당규칙과 새로운 할당규칙의 평가척도

별 해의 개선율을 (기존 할당규칙 해 - 새로운 할당규칙 해)/기존할당규칙 해로 나타내고 있다. 새 할당규칙들은 C_{mean} 과 T_{mean} 에서 상당한 해의 개선이 있는 것으로 나타났다.

<표 4> 할당규칙이 구한 해의 평균, 가장 좋은해를 구한 회수와 순위

| | C_{mean} | | | | T_{mean} | | | |
|-----------|------------|----|----|-------|------------|----|----|-------|
| | 평균해 | 회수 | 순위 | 개선율 | 평균해 | 회수 | 순위 | 개선율 |
| SPT | 2007 | 0 | 6 | 0.07 | 212 | 2 | 6 | 0.21 |
| LPT | 2390 | 0 | 18 | -0.1 | 424 | 0 | 22 | -0.59 |
| FCFS | 2420 | 0 | 19 | -0.12 | 360 | 0 | 18 | -0.35 |
| LCFS | 2073 | 0 | 10 | 0.04 | 270 | 0 | 15 | -0.01 |
| TWR | 1893 | 31 | 3 | 0.13 | 232 | 1 | 10 | 0.13 |
| MWKR | 2474 | 0 | 22 | -0.14 | 402 | 0 | 21 | -0.5 |
| LWKR | 1887 | 33 | 2 | 0.13 | 238 | 3 | 12 | 0.11 |
| MOPNR | 2468 | 0 | 21 | -0.14 | 389 | 0 | 20 | -0.46 |
| LOPNR | 1980 | 0 | 4 | 0.08 | 261 | 0 | 14 | 0.02 |
| MST | 2242 | 0 | 13 | -0.04 | 257 | 0 | 13 | 0.04 |
| EDD | 2016 | 0 | 8 | 0.07 | 210 | 3 | 5 | 0.21 |
| MDD | 2002 | 0 | 5 | 0.07 | 196 | 17 | 3 | 0.27 |
| ODD | 2449 | 0 | 20 | -0.13 | 361 | 0 | 19 | -0.35 |
| MOD | 2285 | 0 | 17 | -0.06 | 217 | 1 | 7 | 0.19 |
| CEXSPT | 2181 | 0 | 12 | -0.01 | 218 | 1 | 8 | 0.18 |
| Hybrid | 2107 | 0 | 11 | 0.03 | 188 | 26 | 2 | 0.3 |
| CR+SPT | 2280 | 0 | 16 | -0.05 | 219 | 5 | 9 | 0.18 |
| S/RPT+SPT | 2027 | 0 | 9 | 0.06 | 209 | 4 | 4 | 0.22 |
| COVERT | 2247 | 0 | 14 | -0.04 | 294 | 0 | 16 | -0.1 |
| ATC | 2273 | 0 | 15 | -0.05 | 302 | 0 | 17 | -0.13 |
| RMO | 1882 | 52 | 1 | 0.13 | 236 | 1 | 11 | 0.12 |
| RMSDOD | 2015 | 1 | 7 | 0.07 | 184 | 41 | 1 | 0.31 |

100문제에서 각 방법이 구한 1) 평균해, 2) 가장 좋은해 회수, 3) 할당규칙 순위
 해의 개선율=(기존 할당규칙 해 - 새로운 할당규칙 해)/기존할당규칙 해

5. 결론

본 연구에서는 현장 적용적 측면이 보완된 job shop 작업계획의 실제적 접근을 위하여 새로운 할당규칙 RMO, RMSDOD에 의한 작업계획 방법을 제시하였다. 실제적 접근을 위하여 가정된 문제의 상황은 설비유연성에 의한 순서제약 및 설비제약의 가정 완화, 공용 지그 및 고정구나 작업자 제약의 추가, 설비별 작업부하 불균형 및 납기촉박성 등의 요소를 고려하고 예기치 않은 상황을 반영한 빠른 재작업계획 산출 등이다. 제시된 작업계획 방법과 할당규칙 RMO는 C_{mean} 에서, RMSDOD는 T_{mean} 에서 기존의 할당규칙들 보다 좋은 작업계획을 산출하는 것으로 나타났다.

본 연구가 제시한 새로운 할당규칙들은 실제적 측면에서 설비유연성, 불균형 작업부하와 추가설비 제약이 있고 빈번한 재작업계획이 필요한 현장에서 부품의 처리시간을 줄여 제조 원가 절감에 기여할 수 있고 납기 지연에 따른 벌금을 줄이고 고객 만족도와 기업의 신용도 향상에 기여할 수 있다. 또한 정확한 작업계획에 의한 생산활동으로 상위시스템에 작업진도와 자원의 여력에 대한 데이터를 제공함으로써 공정계획과 생산계획의 정밀도를 개선시킬 수 있다. 이론적 측면에서 제안하고 있는 할당규칙과 작업계

획 방법이 새로운 할당규칙이나 방법의 개발에 응용될 수 있고, 높은 품질의 작업계획 산출 능력을 보이고 있는 최적화 기법이나 유전알고리즘에 의한 작업계획에 좋은 초기해를 제공하여 이들 방법의 비현실적 계산시간을 줄이는데 기여할 수 있다.

참고문헌

- [1] Anderson, E. J. and Nyirenda, J. C., "Two New Rules to Minimize Tardiness in a Job Shop", *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 12, pp. 2277-2292, 1990.
- [2] Baker, K. R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, Ch.2-8, John Wiley & Sons Inc., New York, 1974.
- [3] Blazewicz, J., Domschke, W., and Pesch, E., "The Job Shop Scheduling Problem: Conventional and New Solution Techniques", *European Journal of Operational Research*, Vol. 93, pp. 1-33, 1996.
- [4] Fry, T. D., Philipoom, P. R., and Markland, R. E., "Distatching in a Multistage Job Shop where Machine Capacities are Unbalanced", *International Journal of Production Research*, Vol. 26, No. 7, pp. 1193-1223, 1988.
- [5] Gargeya, V. B. and Deane, R. H., "Scheduling Research in Multiple Resource Constrained Job Shops: A Review and Critique", *Journal of Operations Management*, Vol. 34, No. 8, pp. 2077-2097, 1996.
- [6] Graves, S. C., "A Review of Production Scheduling", *Operation Research*, Vol. 29, No. 4, pp. 646-674, 1981.
- [7] Gunther, R. E., "Server Transfer Delays in A Dual Resource Constrained Parallel Queueing System", Vol. 25, No. 12, pp. 1245-1257, 1979.
- [8] Hankins, S. L., Wysk, R. A., and Fox, K. R., "Using a CATS Database for Alternative Machine Loading", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 3, No. 2, pp. 115-120, 1984.
- [9] Hoitomt, D. J., Luh, P. B., and Pattipati, K. R., "A Practical Approach to Job-Shop Scheduling Problems", *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 9, No. 1, pp. 1-13, 1991.
- [10] Hutchison, J., Leong, K., Snyder, D., and Peter, W., "Scheduling Approaches for Random Job Shop Flexible Manufacturing Systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 5, pp. 1053-1067, 1991.
- [11] Kim, Y. D., "A Comparison of Dispatching Rules for Job Shops with Multiple Identical Jobs and Alternative Routeings", *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 5, pp. 953-962, 1990.