

동적자원소비특성을 가지는 다품종소량생산체계의 일정계획작성방법

백주혁, 길호일

자원제한프로젝트일정계획작성문제는 이론적 및 실천적인 중요성으로 하여 일정계획작성이론분야에서 많은 연구가 진행되는 문제이다.

선행연구[1-3]에서는 자원제한프로젝트일정계획작성문제(RCPSP: Resource Constrained Project Scheduling Problem)에서 정적인 자원소비특성을 가지는 활동들에 대하여 논의하였으며 활동에 관하여 고정된 자원부하만을 고려하여 문제를 모형화하고 풀이알고리즘을 설계하였다.

그러나 현실에서는 많은 경우에 활동이 처리되는 시간구간에서 동적인 자원소비특성을 가지는 활동들에 대한 일정계획작성문제가 제기된다.

본문에서는 공정간 선후관계제한과 동적자원소비특성을 가지는 활동들에 대한 일정작성문제를 정식화하고 개선된 리산배꾸기탐색법을 리용하여 최량풀이를 얻어내는 한가지 방법을 제안하였다.

1. 문제의 정식화와 풀이표현형식

1) 문제의 정식화

활동의 수를 n , 공정흐름선의 수를 m 이라고 하자. 그리고 $k(k=\overline{1, m})$ 번째 공정흐름선에서 $i(i=\overline{1, n})$ 번째 활동을 처리한다고 할 때 필요한 자원사용량은 $r_k^i(t)$ 로서 시간에 따라 변하는 함수로 주어진다고 하자.

우선 본문에서 리용되는 기호들을 다음과 같이 정의한다.

$i(i=\overline{1, n})$: 활동의 번호

$k(k=\overline{1, m})$: 공정의 번호

s_i : 활동 i 의 시작시간

c_i : 활동 i 의 마감시간

p_i : 활동 i 의 처리시간

d_i : 활동 i 의 납기

$S = (s_i)(i=\overline{1, \dots, n})$: 활동들의 시작시간벡터로서 생산일정을 표현

$R(t)$: 시각 t 에서 자원리용가능한 량

$V = \{1, 2, \dots, n\}$: 모든 활동들을 포함하는 모임

$SS \min_j^i$: S 에서 직접선후관계에 있는 활동 i 와 활동 j 사이의 최소시작지연시간

$T_i = \begin{cases} c_i - d_i, & \text{활동 } i \text{가 납기 전에 처리되지 못할 때} \\ 0, & \text{그렇지 않을 때} \end{cases}$: 활동 i 의 납기지연시간

$$X_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{시각 } t \text{에서 활동 } i \text{가 처리될 때} \\ 0, & \text{그렇지 않을 때} \end{cases}$$

$$Q_{(i, k)} = \begin{cases} 1, & \text{활동 } i \text{가 공정 } k \text{에서 처리가능할 때} \\ 0, & \text{그렇지 않을 때} \end{cases}$$

일정계획작성은 자원리용가능한 량이 주어진 조건에서 월에 계획된 활동들의 납기지연합이 최소로 되도록 처리순서를 결정하는 방법으로 진행한다.

따라서 문제를 다음과 같은 자원제한프로젝트일정계획작성문제로 모형화할수 있다.

목적함수:

$$\min \min Z = \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

제한식:

$$s_i + \overline{SS \min}_i^j \leq s_j, \forall (i, j) \in A \quad (2)$$

$$\sum_{i \in V} r^i(t) = \sum_{i \in V} \sum_{k=1}^m X_i(t) \cdot Q(i, k) \cdot r_k^i(t) \leq R(t), t \geq 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V} X_i(t) \cdot Q(i, k) \leq 1 \quad (4)$$

$$s_i \geq 0, i \in V \quad (5)$$

식 (1)은 일정계획작성문제가 활동들의 납기지연합을 최소화하는 문제이고 식 (2)는 직접선후관계를 가지는 두 활동에 대한 선행제한이다. 식 (3)은 임의의 시각에 소비자원의 총합이 사전에 정해진 한도량을 넘을수 없다는 제한이고 식 (4)는 어느 한 공정에서 반드시 한 활동만을 처리할수 있다는것이며 식 (5)는 모든 활동들의 시작시간에 대한 제한이다.

2) 풀이표현형식

최량화문제를 풀 때 알고리즘의 성능에 영향을 주는 가장 중요한 요인들중의 하나가 풀이표현을 어떻게 효과적으로 진행하는가 하는것이라고 말할수 있다. 자원제한프로젝트 일정계획작성문제를 취급할 때 풀이의 직접적인 형태보다 부호화된 풀이를 리용하여 연산처리를 진행하는것이 보다 편리하다. 이러한 풀이표현형식은 새로운 개체를 창조할 때 선후관계와 자원제한을 동시에 고찰할수 있게 한다.

론문에서는 풀이표현형식에 관한 선행연구[1-3]결과들에 기초하여 풀이의 표현형식을 개선할수 있는 방법(사건목록(EL: EventList)을 리용하여)을 제안하였다.

그림 1에 사건목록에 기초한 후보풀이표현의 한가지 실례를 보여주었다.

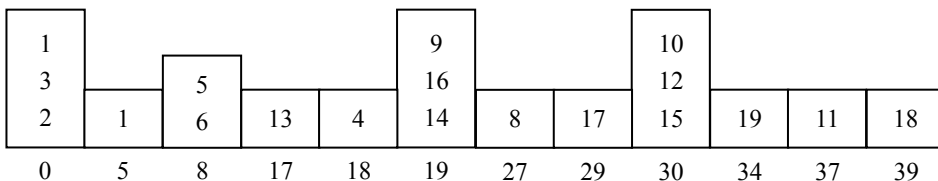


그림 1. 사건목록에 기초한 후보풀이표현의 한가지 실례

사건목록표현에서는 활동이 아니라 사건에 기초하여 진화연산을 진행하므로 탐색을

보다 효과적으로 하게 한다.

그림 1에서 4각형테두리안에 있는 수자들은 활동번호를 표현하며 그아래에 있는 수자들은 해당 사건들의 시작시간들을 보여준다. 같은 시작시간들을 가지는 활동들은 사건 목록표현에서 동일한 사건으로 취급된다.

따라서 일정계획은 시작시간에 의하여 순서화된 사건들의 모임이다. 또한 1개의 사건에서 활동들의 개수를 사건들의 차수라고 한다.

2. 개선된 리산빠꾸기탐색법에 의한 생산일정계획작성방법

개선된 리산빠꾸기탐색법(IDCS: Improved Discrete Cuckoo Search)[2]은 일반적인 빠꾸기탐색법(CS: Cuckoo Search)의 기본우점을 유지하면서 그것을 리산영역으로 확장한 발견적 방법이다.

매 개체의 위치이동식을 다음과 같이 표현한다.

$$x_i^{(t+1)} = x_i^t + \alpha \oplus Levy(\lambda) \quad (6)$$

여기서 x_i^t 는 개체, α 는 걸음크기, $Levy(\lambda)$ 는 레비날기(Levy flight) 즉 다음식에 의해 계산되는 우연량이다.

$$Levy(\lambda) = \frac{u}{|v|^{\frac{1}{\lambda}}} \quad (7)$$

웃식에서 u 와 v 는 다음과 같은 정규분포를 따른다고 가정한다.

$$u \sim N(0, \sigma_u^2)$$

$$v \sim N(0, \sigma_v^2)$$

$$\sigma_u = \frac{\Gamma(1+\lambda) \times \sin\left(\frac{\pi\lambda}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1+\lambda}{2}\right) \times \lambda \times 2^{\frac{\lambda-1}{2}}}, \quad \sigma_v = 1$$

여기서 λ 는 분포파라미터로서 $\lambda \in [0.3, 1.99]$ 이며 Γ 는 감마함수를 의미한다.

풀이의 대역적최량성을 높이기 위하여 레비날기를 다음과 같이 적용한다.

걸음 1 $[0, i]$: 작은 걸음을 한번 진행한다.

걸음 2 $[(k-1) \times i, k \times i]$: 작은 걸음을 k 번 진행한다.

걸음 3 $[k \times i, 1]$: 큰 도약을 진행한다.

여기서 i 는 $i = (1/(\text{step}+1))$ 로부터 얻어지고(step는 걸음의 최대개수를 나타내는 설정파라미터) $k \in [2, \dots, \text{step}]$ 이다.

개선된 레비날기의 알고리즘은 다음과 같다.

걸음 1 주어진 빠꾸기 x_i 와 걸음최대값 s 에 대하여 계산을 진행

걸음 2 식 (7)을 리용하여 레비값을 생성

걸음 3 If ($Levy \leq 1 - (1/(s+1))$) Then

날기걸음 = $Levy/0.25$;

날기걸음을 리용하여 사건이동을 진행;

걸음 4 Else

사건재조합을 진행;

걸음 5 End if

병렬일정생성방법에 의한 적응도평가를 진행

개선된 레비날기의 알고리즘에서 풀이의 적응도를 평가할 때 동적인 자원소비특성을 가지는 활동들로 이루어진 문제의 특성을 고려하여 병렬일정생성방법을 적용하였다.

우의 알고리즘들에 기초하여 논문에서는 일정계획작성문제의 풀이알고리즘을 제안하였다.

걸음 1 m 개의 기본등지 x_i 로 이루어진 개체군 $P(P_m = (x_1, x_2, \dots, x_m))$ 를 초기화

걸음 2 For all x_i do

$F_i = f(x_i)$: 적응도계산

걸음 3 End for

걸음 4 While (ObjectiveEvaluationNumber<MaxEvaluationNumber)

유연탐색: 개체들의 부분(p_c)을 우연적으로 선택하고 레비날기에 의해

새로운 위치으로 이동

가장 좋은 개체를 얻고 레비날기에 의해 새로운 풀이 x_j 를 생성

$F_i = f(x_i)$: 적응도평가

한 등지에서 우연개체 x_i 를 선택

IF ($F_j > F_i$) Then

x_i 를 x_j 로 재배치

End if

가장 나쁜 적응도를 가진 개체들의 부분(p_a)을 버리고 우연적으로 생성

된 개체들로 갱신

걸음 5 End while

적응도가 가장 높은 개체를 선택

3. 효과성평가

논문에서 제안된 방법을 프로젝트망이 그림 2와 같이 주어지고 시간에 관하여 가변적인 전력부하특성을 가지는 활동들에 대한 일정계획작성문제에 적용하고 그 효과성을 평가하였다.

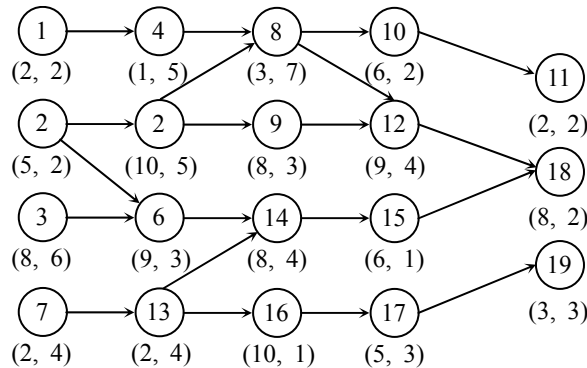


그림 2. 프로젝트망

그림 2에서 마디점안의 수자는 활동번호를 나타내며 마디점아래의 첫번째 수자는 매 활동의 수행기간을, 두번째 수자는 평균순시전력값을 나타낸다.

표 1에 활동-공정관계를, 표 2에 매 활동들의 납기를 보여주었다.

표 1. 활동-공정관계

구 분	공정 1	공정 2	공정 3
활동번호	1, 4, 7, 10, 13, 14, 17	3, 5, 8, 9, 12, 15, 18	2, 6, 11, 16, 19

표 2. 활동들의 납기

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
d_i	2	5	8	9	20	18	10	30	40	50	60	55	15	20	35	23	25	65	30

실험에서 리용된 파라메터들은 다음과 같다.

등지의 개수 $m=18$

선택률 $p_c=0.2$

버림률 $p_a=0.7$

결음의 최대수 $\text{step}=4$

적응도함수 $f(x)=\sum_{i=1}^{19}T_i$

중지기준은 대상의 특성과 문제의 규모에 따라 작성자가 여러가지 방식으로 설정할 수 있다.

논문에서는 알고리즘의 효과성을 검증하기 위하여 적응도가 설정된 편차값범위에서 개선되지 않을 때 즉 $f(x_t) \leq f(x_{t+1})$ 인 상태가 5번 지속되거나 반복회수가 1 000번에 달하면 실행을 중지하는것으로 설정하였다. 중지기준에 도달하면 탐색이 결속되고 결과를 출력한다.

표 3과 4에 시간에 따르는 부하변동폭이 각각 10, 20%인 경우 선행한 방법과 논문에서 제안된 방법의 비교결과를 보여주었다.

표 3. 시간에 따르는 부하변동폭이 10%인 경우 비교결과

지 표	선행한 방법[1]	제안한 방법
전력부하률/%	92	94
차단수/회	5	0
반복수/회	180	210

표 4. 시간에 따르는 부하변동폭이 20%인 경우 비교결과

지 표	선행한 방법[1]	제안한 방법
전력부하률/%	90	93.5
차단수/회	8	0
반복수/회	210	290

표 3과 4를 통하여 논문에서 제안된 방법이 선행한 방법에 비하여 최량폴이에도 도달하는 반복회수가 적으면서도 높은 부하률과 순시소비전력초과로 인한 차단회수가 적은 우월한 풀이를 얻어낼수 있게 한다는것을 알수 있다.

맺 는 말

개선된 리산빼꾸기탐색법을 리용하여 동적자원소비특성을 가지는 다품종소량생산체계의 일정계획작성방법을 제안하고 그 효과성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 박금성; 정보기술, 1, 48, 주체107(2018).
- [2] Kirils Bibiks et al.; Applied Soft Computing, 69, 493, 2018.
- [3] D. C. Paraskevopoulos et al.; Expert Systems with Applications, 39, 3983, 2012.

주체110(2021)년 2월 5일 원고접수

Scheduling Method for Multiproduct Systems with Variable Resource Profile

Paek Ju Hyok, Kil Ho Il

In this paper, we proposed a scheduling method for multiproduct systems with variable resource profile by using IDCS.

Keywords: Improved Discrete Cuckoo Search(IDCS), variable resource profile