

부하평준화를 위한 Tabu 탐색의 효율적 이웃해 생성 방법

강병호, 조민숙, 류광렬

부산대학교 컴퓨터공학과

부산광역시 금정구 장전2동 산30, 609-735

Tel: +82-51-515-9308, Fax: +82-517-2431, E-mail: bhokang@pusan.ac.kr

요약

본 논문은 작업일정계획에서 부하평준화 문제를 효율적으로 해결하기 위하여 tabu 탐색을 적용함에 있어서 확률적 선별에 기반하여 이웃해를 생성하는 방법을 제시한다. 이웃해 생성은 부하평준화를 위해 일정을 조정할 대상 작업을 선택하는 단계와 선택된 작업에 대해 일정 조정의 방향을 결정하는 단계로 구분된다. 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성은 우선 무작위로 추출된 작업에 대해서 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 가능성에 대한 추정치에 따라 확률을 부여하고, 이 확률에 기반하여 선택여부를 결정함으로써 이웃해를 선별하는 방법이다. 실제 현장의 부하평준화 문제를 대상으로 이웃해 생성 방법으로 무작위 방법, 그리디(greedy) 방법과의 비교 실험을 통해 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법의 성능을 검증하였다.

Keywords:

일정계획, 부하평준화, tabu 탐색, 이웃해 생성 방법

1. 서론

본 논문은 작업일정계획에서 부하평준화 문제를 효율적으로 해결하기 위하여 tabu 탐색을 적용함에 있어서 확률적 선별에 기반하여 이웃해를 생성하는 방법을 제시한다. 본 논문에서 대상으로 하는 부하평준화 문제는, 주로 생산 현장에서 일정계획을 수립할 때 가장 빈번하면서도 중요하게 다루는 문제로서, 관련된 제약조건을 만족시키면서 작업장들의 일자별 부하불균형이 최소화되도록 작업들의 일정을 수립하는 것이 목표이다. 본 논문에서는 이 문제를 휴리스틱 탐색에 의해 해결할 수 있는 최적화 문제로 보아 tabu 탐색기법을 도입하였고[1], 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 이웃해를 적은 비용으로 생성할 수 있는 방법을 고안하여 효율적인 탐색이 가능하도록 하였다.

대상문제에서 일정계획은 선행 작업과 후행 작업의

선·후관계 제약에 따라 작업들의 네트워크로 표현되고, 다음과 같은 주요 제약조건을 만족하여야 한다. 첫째 작업들의 일정은 해당 작업장의 능력을 초과하지 않는 범위 내에서 할당되어야 하고, 둘째 각 작업의 공기는 최소공기와 최대공기 범위 이내가 되어야 하며, 셋째 선행 작업 완료일과 후행 작업 시작일 사이의 간격은 선·후관계에서 정의한 최소 간격보다 커야 한다. 넷째 모든 작업들의 일정은 해당 사업의 전체 시작시점과 완료시점 이내에 있어야 한다. 이와 같은 제약조건을 만족시키면서 작업장들의 일자별 부하불균형이 가능한 최소화되도록 작업들의 일정을 수립하는 것이 목표이다.

본 논문에서는 이 문제를 다수의 작업을 대상으로 가능한 일정조정 조합들 중에서 제약조건을 만족하면서 부하불균형을 최소화하는 최적안을 탐색하는 최적화 문제로 보았고, 수많은 경우의 수 중에서 최적해를 찾고자 할 때 동원할 수 있는 휴리스틱 최적화 탐색기법을 사용하였다. 휴리스틱 탐색기법으로 국소 최적화 문제를 극복하는데 유리하고, adaptive memory를 이용하여 보다 다양한 탐색을 수행할 수 있는 장치를 갖춘 tabu 탐색을 도입하였다 [2][3][4].

대상 문제와 같이 대부분의 실세계 최적화 문제들은 탐색 공간이 매우 크다. 따라서 적절한 수의 이웃해를 생성하되, 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 방향으로의 이웃해를 선별해서 생성하는 것이 요구된다. 보통 적절한 이웃해의 수는 실험을 통해서 어렵지 않게 구할 수 있다. 그러나 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 이웃해를 선별해 내는 것이 문제가 된다. 본 논문에서는 부하평준화 문제에서 효율적인 탐색이 진행되도록, 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 방향으로의 이웃해를 적은 비용으로 선별하여 생성할 수 있는 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법을 제시한다. 이웃해 생성 과정은 우선 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 가능성에 대한 추정치에 따라 확률을 부여하고 이 확률에 따라 이웃해를 선별하는 과정과 선별된 이웃해를 생성하는 과정으로 구분된다. 선별 과정에서는 확률에 기반한 무작위 추출 방법을 사용

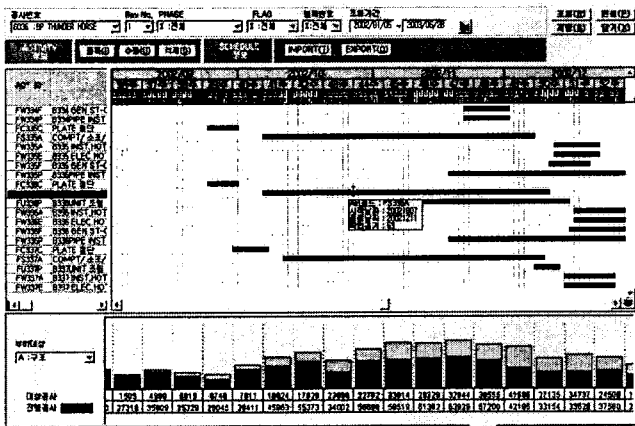
하였고, 생성과정에서는 탐색공간을 분할하여 줄이는데 효과가 있는 successive filtration strategy를 사용하였다[2][5].

본 논문에서는 실제계의 부하평준화 문제를 대상으로 이웃해를 선별하는 측면에서 무작위 방법, 그리디 방법과의 비교 실험을 통해 확률적인 선별에 기반한 이웃해 생성 방법의 성능을 검증하였다.

2. 대상문제

본 논문에서 대상으로 하는 부하평준화 문제는 주로 생산 현장에서 작업일정계획을 수립할 때 가장 빈번하면서도 중요하게 다루는 문제로서, 여러 가지 제약조건을 만족시키면서 작업장간의 부하불균형이 최소화되도록 작업들의 일정을 수립하는 문제로 요약된다.

<그림 1>은 생산 현장에서 수립되는 작업일정계획의 예를 나타낸다. 각 작업의 일정은 간트 차트(Gantt Chart) 상에서의 바(bar)로 표현되고, 하위에는 각 작업들이 소속되는 해당 작업장에 대한 부하의 불균형 정도를 일자별 부하그래프로 보여준다. 생산 현장에서는 이와 같은 일정계획을 정기적으로 수립하되, 관련된 여러 가지 제약조건을 만족하는 범위 내에서 각 작업의 일정을 조정하여 다수의 작업장들의 일자별 부하불균형이 가능한 최소화되도록 한다.

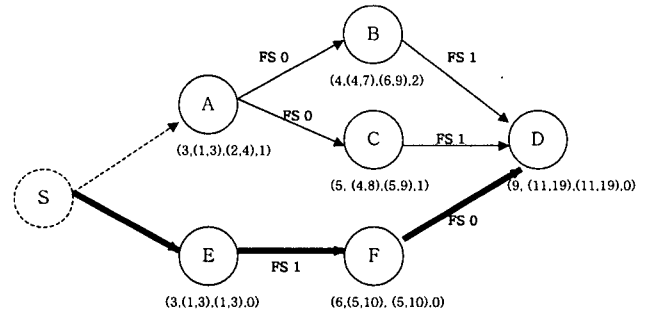


<그림 1> 작업일정계획의 예

대상문제에서 일정계획은 선행 작업과 후행 작업의 선·후관계의 제약에 따라 <그림 2>와 같이 작업들의 네트워크(directed graph)으로 표현된다, <그림 2>는 한 사업을 구성하는 작업들의 일정계획을 설명하기 위해 예를 보인 것이다.

우선 각 노드(node)는 작업을 나타내고, 이들 작업 간에는 선행 혹은 후행의 관계제약이 있다. 이 관계 제약은 선행작업과 후행작업의 시작시점(S)과 완료시점(F)에 따라 4가지 종류, 즉 FS(Finish-to-Start), FF(Finish-to-Finish), SS(Start-to-Start) 그리고 SF(Start-to-Finish)로

나뉜다.



범례	
— : 주경로	(D,(ES,EF),(LS,LF),TF)
A~D : 각 작업	D : 공기
S : 가상 노드	ES : 이른 시작일
FS x : Finish-to-Start x	EF : 이른 완료일
(선행작업 완료일과 후행작업 시작일 사이의 간격이 최소한 x일이 되어야 함)	LS : 늦은 시작일
	LF : 늦은 완료일
	TF : 여유기간

<그림 2> 작업들간의 선·후관계를 반영한 작업일정 계획의 표현 예

예를 들어 <그림 2>에서 작업 C와 작업 D 사이의 아크(arc)와 FS 1(일)은 작업 C와 D간의 선·후행 관계제약으로서, 선행작업 C를 완료한 후 최소한 1(일) 이후에 후행작업 D를 시작해야 한다는 것을 표현한다. 각 작업에는 공기, 부하, 물량, 그리고 소속 작업장 등의 정보가 포함되어 있다. 작업의 공기는 최소 및 최대 공기 범위 내에서 조정이 가능하다 작업들의 일정은 사업 전체의 시작 시점과 완료 시점 이내에 있어야 한다. 각 작업이 소속되는 작업장 별로는 일정 단위기간 동안에 수행되는 작업들의 총 물량-예를 들면 특정 작업장에 소속되는 작업들의 월별 총 물량-이 해당 작업장의 능력 이내에 있어야 한다.

대상문제에서는 앞에서 설명한 바와 같이 선·후행 관계, 공기, 사업의 시작/완료시점, 작업장 등에 관한 제약조건을 만족하는 범위 내에서, 각 작업이 수행되는 작업장들간의 부하불균형이 가능한 최소화되도록 각 작업의 일정을 조정하여야 한다. 본 논문에서는 이 문제를 다수의 작업을 대상으로 가능한 일정 조정 조합들 중에서, 제약조건을 만족하면서 부하불균형을 최소화하는 최적안을 찾는 최적화 문제로 보고 휴리스틱 탐색기법을 적용하였다.

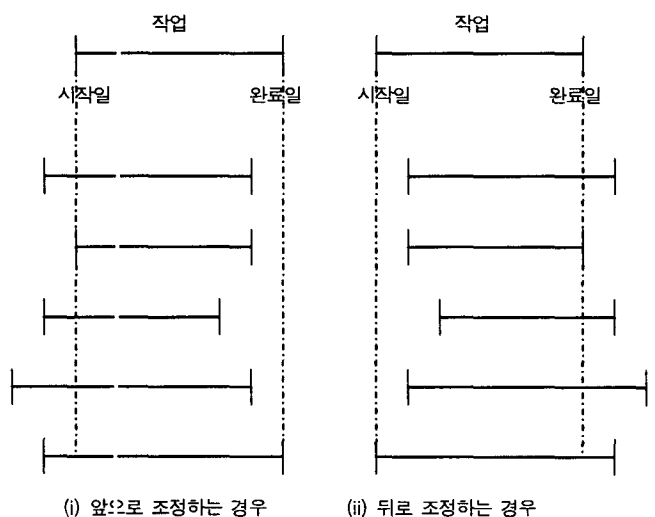
3. 확률 기반의 이웃해 생성 및 평가 방법

대상 문제에서 해는 해당 사업의 모든 작업들에 대한 일정(시작일과 완료일)의 조합, 즉 하나의 일정계획안으로 표현되고, 제약조건을 만족하는 모든 일정계획 조정안들의 집합이 탐색공간에 해당된다.

일반적으로 탐색 과정에서 최적해를 획득할 가능성은 가능한 많은 이웃해를 생성하면서 반복

(iteration) 수를 늘일수록 높아지나 긴 탐색시간이 요구된다[6]. 따라서 한정된 시간 내에 최적해를 찾기 위해서는 이웃해의 수를 늘이면서 반복 수를 줄이거나 이웃해의 수를 줄이면서 반복 수를 늘이는 것이 필요하다. 이와 같이 이웃해 수와 반복 수간의 trade-off가 있기 때문에, 한정된 자원을 가지고 최적해를 획득할 가능성을 높이기 위해서는 이들간의 조율을 통한 적절한 수의 이웃해를 생성하되, 탐색의 질을 높일 수 있는 이웃해를 선별해서 생성하는 것이 요구된다. 이러한 요구는 대상문제와 같이 탐색 공간이 매우 큰 대부분의 실세계의 최적화 문제에서는 더욱 절실하다. 사실 적절한 이웃해의 수는 보통 실험을 통해서 어렵지 않게 구할 수 있으나, 탐색의 질을 높일 수 있는 이웃해를 선별하여 생성하는 것이 문제가 된다. 본 논문에서는 대상문제에서 효율적으로 탐색이 진행될 수 있도록, 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 이웃해를 적은 비용으로 생성하는 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법을 제안한다.

본 논문에서는 대상문제에 적합한 이웃해 생성 방법을 고안하기 위해서, 우선 기본적인 이웃해 생성 전략 중에서 탐색공간을 분할함으로써 줄이는 효과가 있는 successive filtration strategy를 도입하여, 조정해야 할 작업을 선택하는 단계와 선택된 작업에 대해 일정을 조정하는 단계로 구분하였다. 두 번째 단계인 일정을 조정하는 단계에서는 조정할 방향-예를 들면 작업의 일정을 앞으로 당길 지 또는 뒤로 밀 지에 대한 두 가지 방향-만을 결정하고, 조정량에 대해서는 제약조건이 만족되는 범위 내에서 무작위로 결정한다.



<그림 3> 조정 방향별 작업 일정의 조정량 결정 방법

조정 방향별 조정량 결정 방법을 설명하면 다음과 같다. 우선 앞으로 조정할 경우에는 선행 작업들과의 최소 여유와 사업 시작일을 고려하여, 가능한 가

장 이른 시점으로부터 현재 시작일까지의 범위 내에서 무작위 추출에 의해 시작일을 구한다. 새로 구한 시작일을 기준으로부터 최소 및 최대 공기의 제약과 후행 작업들과의 최소 여유를 고려하여 허용 범위 내에서 무작위 추출에 의해 완료일을 구한다. 뒤로 조정할 경우에도 이와 유사한 방법으로 구한다. <그림 3>의 (a)와 (b)는 선택된 작업을 앞으로 또는 뒤로 조정할 때 가능한 이웃해의 형태들을 보여준다.

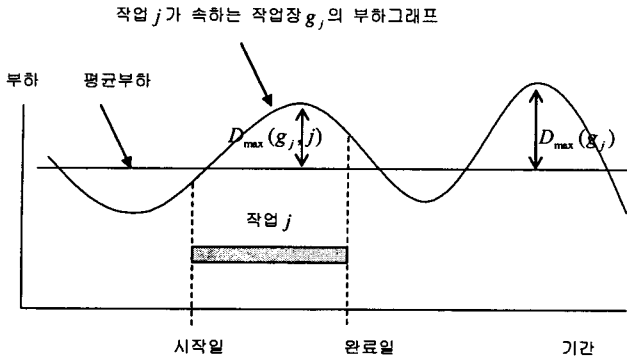
본 논문에서 비교 대상으로 한 이웃해 생성방법으로 무작위 방법, 그리디(greedy) 방법 그리고 확률적 선별에 기반한 방법을 소개하면 다음과 같다.

첫째, 무작위 방법은 일정조정 대상 작업과 조정 방향을 무작위로 선택(simple random sampling)하는 방법이다. 일정조정 대상 작업을 선택하는 단계에서는 비복원 추출 방법에 의해 무작위로 일정수의 작업을 선택한다. 일정을 조정하는 단계에서는 선택된 각 작업에 대해 조정 방향을 무작위로 결정한다.

둘째, 그리디 방법은 부하그래프를 이용하여 일정조정 대상 작업과 조정 방향을 선택하는 방법이다. 본 논문에서는 일정조정 대상 작업을 그리디로 선택하는 방법으로 부하그래프에서 평균 부하에 대한 편차를 이용한다. 즉, 평균 부하에 대한 편차가 큰 시점에 걸쳐 있는 작업일수록 조정할 때 부하의 불균형 정도를 낮출 가능성이 높다고 판단했다. 우선 작업장별 부하그래프에서 편차가 큰 시점들을 구하고, 편차가 가장 큰 시점에 걸쳐 있는 작업들을 우선적으로 선택한 뒤에, 다음으로 편차가 큰 시점 순서로 작업들을 선택한다. 선택된 작업에 대해 일정을 조정하는 단계에서도 해당 작업의 시작시점과 완료시점의 부하를 보고 그리디로 조정 방향을 결정한다. 만약 시작시점의 부하가 완료시점의 부하보다 낮으면 앞쪽으로, 높으면 뒤쪽으로 조정 방향을 결정한다. 시작시점과 완료시점의 부하가 같으면 무작위로 결정한다.

셋째, 확률적 선별에 기반한 방법은 그리디 방법에서 사용하는 편차와 시작시점과 완료시점의 부하 차이에 대한 각에 대해 확률을 부여한 방법이다. 일정조정을 수행할 작업을 확률적으로 선택하는 방법은 다음과 같다. 우선 일정조정을 수행할 작업을 무작위로 추출한다. 추출된 작업에 대해서 탐색을 개선시킬 가능성에 대한 추정치에 따라 일정조정 대상 작업으로 선택될 확률과 선택되지 않을 확률을 구하고, 이 확률에 기반한 무작위 추출(weighted random sampling)을 통해 선택여부를 결정한다.

본 논문에서는 부하그래프에서 평균부하로부터 부하의 편차가 큰 기간에 있는 작업일수록 일정조정 시 탐색을 개선시킬 가능성이 크다고 판단하여, 이 가능성에 대한 추정치로 평균 부하에 대한 편차를 사용하였다. <그림 4>는 무작위로 추출된 작업에 대해서 확률적으로 선택여부를 결정하는 방법을 보여준다.



$D_{\max}(g_j)$: 작업장 g_j 의 부하그래프에서 평균부하 대비 최대 편차

$D_{\max}(g_j, j)$: 작업장 g_j 의 부하그래프에서 작업 j 의 공기 동안
평균부하 대비 최대 편차

<그림 4> 조정 대상 작업 선택 방법

어떤 작업 j 의 소속 작업장 g_j 의 부하그래프가 <그림 4>와 같을 때, 작업 j 의 공기동안에 평균부하 대비 최대편차는 $D_{\max}(g_j, j)$ 이고, 이 부하그래프에서 평균부하 대비 최대편차는 $D_{\max}(g_j)$ 이다. 이때 작업 j 에 대해서 일정조정 대상 작업으로 선택할 확률 $P_{select}(j)$ 와 선택하지 않을 확률 $P_{not_select}(j)$ 은 다음과 같이 구한다.

$$P_{select}(j) = \frac{D_{\max}(g_j, j)}{D_{\max}(g_j)} \quad (1)$$

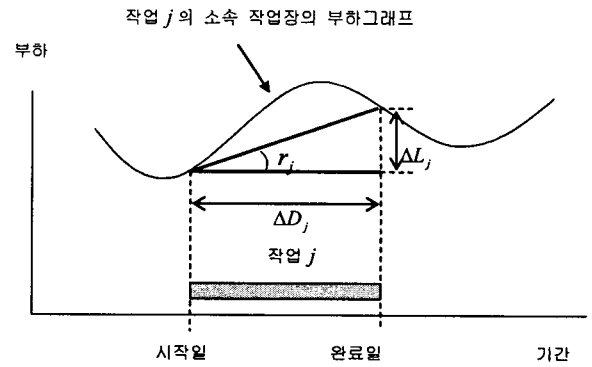
$$P_{not_select}(j) = 1 - P_{select}(j) \quad (2)$$

만약 특정 작업이 일정조정 대상으로 선택이 되면, 작업의 시작시점과 완료시점의 부하 차이에 대한 각을 기준으로 앞으로 조정할 확률과 뒤로 조정할 확률을 구해서, 역시 이 확률에 기반한 무작위 추출을 통해 조정 방향을 결정한다.

<그림 5>는 조정 방향을 결정하기 위해 선택된 작업의 시작일과 완료일의 부하로부터 각을 구하는 방법을 나타낸다.

선택된 작업 j 와 이 작업의 부하그래프가 <그림 5>와 같다면, 작업 j 의 공기 ΔD_j 와 시작일과 완료일의 부하차이 ΔL_j 을 이용해서 조정 방향을 결정하는데 사용될 각(radian)은 다음과 같이 구한다.

$$r_j = \text{atan}\left(\frac{\Delta L_j}{\Delta D_j}\right), \quad \left(-\frac{\pi}{2} < r_j < \frac{\pi}{2}\right) \quad (3)$$



ΔL_j = 작업 j 의 완료일 부하 - 작업 j 의 시작일 부하

ΔD_j = 작업 j 의 공기

<그림 5> 조정 방향 결정 방법

본 논문에서는 앞에서 구한 각의 절대값이 클수록 부하의 불균형 정도를 낮추기 위해 앞으로 또는 뒤로 조정해야 할 확률을 높여야 한다고 판단했다. 예를 들어 각(r_j)이 $\frac{\pi}{2}$ 에 접근할수록 앞으로 조정

할 확률이, $-\frac{\pi}{2}$ 에 접근할수록 뒤쪽으로 조정할 확률이 높아지고, 0에 접근할수록 앞,뒤로 이동할 확률이 같아진다. 이런 관점에서 각을 바탕으로 앞으로 이동할 확률 $P_{forward}(j)$ 과 뒤로 이동할 확률 $P_{backward}(j)$ 을 구하는 방법은 다음과 같다.

$$P_{forward}(j) = \left(\frac{1}{\pi} \times r_j + 0.5\right) \quad (4)$$

$$P_{backward}(j) = 1 - P_{forward}(j) \quad (5)$$

해의 평가를 위해 작업장별 부하의 불균형 정도를 나타내는 부하그래프를 사용한다. 작업장별 부하그래프는 해당 작업장에 속하는 작업들의 부하들을 합해서 단위 시간(주)별 능력 대비 부하로 정규화하여 나타낸다. 하나의 해(일정계획)에 대한 평가값은 다음 수식과 같이 각 작업장별 부하의 분산에 대한 가중치를 곱한 합으로 구한다.

$$V_g = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{L_i}{C_{gi}} - 1\right)^2}{N} \quad (6)$$

V_g : 작업장 g 에 대한 분산

L_i : i 번째 주의 부하

C_{gi} : 작업장 g 의 i 번째 주의 능력

N : 전체 작업기간에서 주의 총 수

$$F = \sum_{g=1}^G w_g \times V_g \quad (7)$$

F : 전체 부하의 불균형 정도

w_g : 작업장 의 가중치

G : 작업의 총 수

4. 실험 및 분석

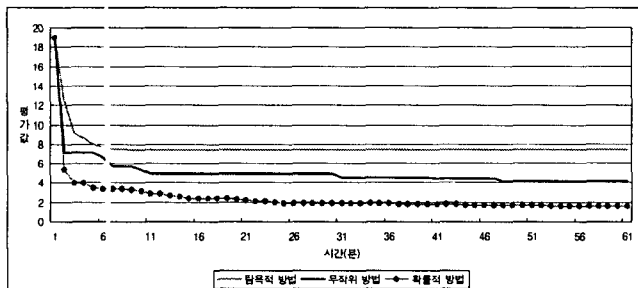
본 논문에서는 실험 데이터로 실제계의 데이터를 사용하였다. 작업의 수는 467개이고 전체 작업기간은 1년이다 각 작업들이 속하는 작업장의 수는 2개이다. 대상 문제에서 최적해를 구하는 데 사용할 수 있는 CPU시간은 1시간으로 제한하였다. 초기해는 현장의 전문가가 작성한 계획을 사용하였다.

Tabu 탐색 알고리즘으로는 tabu 리스트만을 사용하는 simple tabu search를 사용하였고, tabu tenure와 생성될 이웃해 수는 실험으로 구한 15와 23을 사용하였다.

<표 1>은 각 이웃해 생성 방법을 적용하여 tabu 탐색을 5회 수행하였을 때, 최적해에 대한 평가값의 평균을 보여주고, <그림 6>는 1시간 동안 탐색의 진행과정에서 가장 좋았던 해의 추이를 각 이웃해 생성 방법별로 보여준다.

<표 1> 이웃해 생성 방법별 최적해의 평가값

이웃해 생성 방법	평가값 (5회 수행에 대한 평균)
그리디 방법	7.38
무작위 방법	3.64
확률적 방법	1.57



<그림 6> 이웃해 생성 방법별 가장 좋은 해의 추이

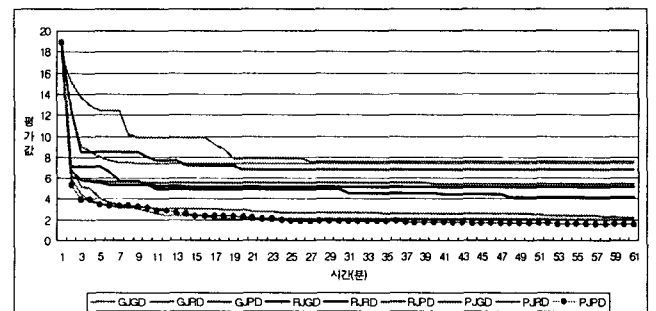
<표 1>과 <그림 6>에서 나타난 바와 같이, 확률적 선별 방법이 가장 좋은 결과를 나타냈다. 그리디 방법이 탐색의 전체 진행과정에서 무작위 방법보다 모두 좋지 않게 나타난 이유를 분석해보면, 대상 문제에서 부하그래프에서 평균 부하 대비 편차를 기준으

로 가장 편차가 큰 시점들의 작업을 위주로 선택하더라도, 작업들간의 선·후관계에 의한 제약 때문에 탐색의 질을 잘 개선시키지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법이 좋게 나타난 이유는 그리디 방법에서 사용하는 휴리스틱(부하그래프에서 평균 부하에 대한 편차가 큰 시점에 걸쳐 있는 작업일수록 조정 시 부하의 불균형 정도를 낮출 가능성이 높다는 것과 시작일과 완료일의 부하차이에 의한 기울기를 보고 조정 방향을 결정하는 것)을 완전히 신뢰한 상태에서 결정하지 않고, 확률적으로 결정하기 때문이라고 판단된다. 사실 탐색기법을 이용한 대부분의 문제 해결에서, 탐색의 질을 개선시킬 수 있도록 하기 위해 이와 같은 휴리스틱을 고안하여 이웃해 생성 방법에서 사용한다. 그러나 이런 휴리스틱은 탐색과정에서 발생하는 다양한 상황들을 모두 파악하기 어렵기 때문에, 국지적으로 볼 수 밖에 없는 한계가 존재한다. 따라서 탐색의 과정에서 이에 대한 신뢰의 정도를 바탕으로 확률적으로 결정하는 것은 이런 문제를 해결할 수 있는 대안이 된다고 사료된다.

대상 문제를 해결하기 위해 이웃해 생성 방법에서 사용하는 두 가지 정보 즉, 작업을 선택할 때 사용하는 평균 부하 대비 편차와 조정 방향을 선택할 때 사용하는 시작일의 부하와 완료일의 부하에 의한 기울기 정보가 탐색을 효율적으로 진행하는 데 얼마나 기여하는지를 분석하기 위해서 <표 2>와 같이 추가

<표 2> 이웃해 생성 방법별 최적해의 평가값(5회 평균)

방향 선택 방법 작업 선택 방법	그리디 방법(GD)	무작위 방법(RD)	확률적 방법(PD)
그리디 방법(GJ)	7.38 (GJGD)	7.62 (GJRD)	6.78 (GJPD)
무작위 방법(RJ)	5.18 (RJGD)	3.64 (RJRD)	1.88 (RJPD)
확률적 방법(PJ)	5.37 (PJGD)	2.18 (PJRD)	1.57 (PJPD)

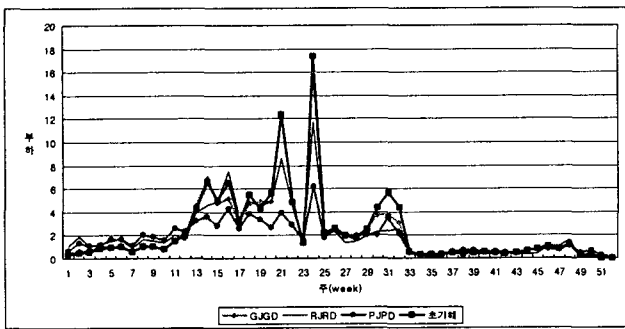


<그림 7> 이웃해 생성 방법별 가장 좋은 해의 추이

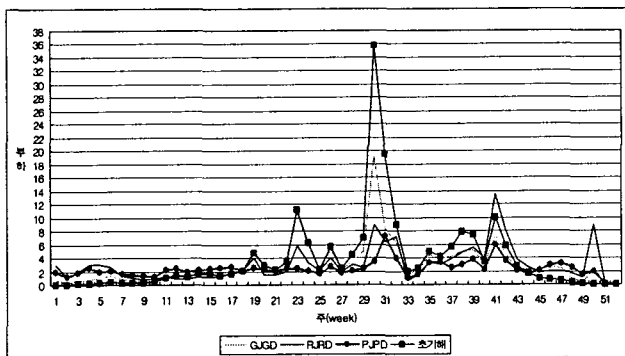
실험을 하였다. <표 2>는 이웃해 생성 과정에서 작업을 선택하는 방법과 조정할 방향을 선택하는 방법에 대해서 서로 다른 이웃해의 생성 방법들을 조합하여 실험한 결과를 나타낸다. 그리고 이 방법들에 대해 1시간 동안 탐색의 진행과정에서 가장 좋았던 해의 추이를 <그림 7>에서 보여준다.

작업을 선택하는 방법이나 조정 방향을 선택하는 방법 모두에서 1가지 경우(작업 선택으로 그리디 방법을 사용할 때, 조정 방향 선택 방법에서 무작위 방법, 그리디 방법, 확률적 방법 순으로 좋은 성능을 보였음)를 제외하고는 그리디 방법, 무작위 방법, 확률적 방법 순으로 높은 성능을 보였다.

<그림 8>과 <그림 9>은 <표 1>의 각 이웃해 생성 방법을 적용하여 구한 최적해의 부하그래프를 작업장 2곳에 대해서 보여준다. 초기해에서 부하의 불균형 정도가 상당히 높았으나 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법이 가장 크게 부하평준화를 수행하였음을 보여준다.



<그림 8> 첫 번째 작업장의 각 이웃해 생성 방법별 부하그래프



<그림 9> 두 번째 작업장의 각 이웃해 생성 방법별 부하그래프

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 작업일정계획에서 부하평준화 문제를 효율적으로 해결하기 위하여 tabu 탐색을 적용함에 있어서 확률적 선별에 기반하여 이웃해를 생성하는 방법을 제시하였다. 생산 현장의 실제 부하평준화 문제에 대해 이웃해 생성 방법으로 무작위 방법, 그

리디 방법 그리고 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법을 적용하고, 이들 간의 다양한 비교 실험을 통해 성능을 검증하였다. 실험결과에서 나타난 바와 같이 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법이 가장 좋은 성능을 발휘하였다.

이것은 탐색의 질을 개선시킬 수 있는 이웃해를 생성할 수 있도록 고안된 휴리스틱의 국지적인 성질 때문에, 이를 완전히 신뢰하는 그리디 방법 또는 이를 완전히 무시하는 무작위 방법보다 이에 대한 신뢰의 정도를 바탕으로 확률적으로 결정하는 확률적인 방법이 좋은 성능을 낸다는 것을 보여준다.

본 논문에서는 확률적 선별에 기반한 이웃해 생성 방법을 tabu 탐색기법에 적용하여 실험하였고, 성능을 검증하였다. 향후 확률적인 선별에 대해 보다 일반적인 모델을 수립하여 simulated annealing과 같은 다른 탐색기법을 적용할 때의 효과에 대한 검증이 필요하다.

6. 참고 문헌

- [1] 최우형, 류광렬, 김갑환, "Tabu Search를 이용한 작업일정계획 및 재일정계획 수립", 한국전문가시스템학회 '97 추계학술대회 논문집, 1997, pp. 376-387.
- [2] Glover, F., Laguna, M., "Tabu Search", Kluwer Academic, Publishers, Boston, 1997.
- [3] Glover, F., "Tabu Search:Part1" ORSA Journal on Computing, 1(3), 1989, pp. 190-206.
- [4] Glover, F., "Tabu Search Fundamentals and Uses" Graduate School of Business, University of Colorado, condensed version published in Mathematical Programming: State of Art, 1994, Birge & Murty, eds., 64-92.
- [5] Rangaswamy, B., Jain, A. S. and Glover, F. (1998a) "Tabu Search Candidate List Strategies in Scheduling", in Woodruff, D. L. (ed) 6th INFORMS Advances in Computational and Stochastic Optimization, Logic Programming and Heuristic Search: Interfaces in Computer Science and Operations Research Conference, January 7-9, Monterey Bay, California, Kluwer Academic Publishers, chapter 8, pp. 215-234.
- [6] Ravindra, K., Ahuja, James, B., Orlin and Dushyant Sharma, "Very large-scale neighborhood search, International Transactions in Operational Research, Vol. 7, No4-5, pp 301-317, 2000.