

Tabu Search를 이용한 혼합모델 조립라인의 투입순서 결정 Mixed Model Assembly Line Sequencing using Tabu Search

현철주, 김여근, 박형규, 이태욱

전남대학교 산업공학과

Abstract

본 연구에서는 혼합모델 조립라인의 길이를 최소로 하는 투입순서를 결정하기 위하여 Tabu Search를 적용하였다. 이를 위해 다루는 문제에 적합한 이웃해를 생성하는 이동방법, Tabu 목록의 크기와 속성(attributes)에 관하여 연구하고, 해의 순환 방지 방법으로 확률적 이동방법을 제시하고, Tabu Search와 유전알고리즘을 해의 탐색능력과 계산시간의 측면에서 비교분석하였다. 실험에 의한 분석결과는

- 1) 본 문제에 경우 가장 좋은 tabu 목록의 크기는 7 ~ 15로 나타났으며,
- 2) 이웃해를 생성하는 이동방법 중에서는 역순이동이 가장 좋았으며, 다음은 교환, 접합, 삽입이동순으로 나타났다. 또한
- 3) 제시된 확률적이동방법은 해의 탐색성능의 저하없이 효율적으로 해의 순환을 방지할수 있었으며,
- 4) 다루는 문제의 경우, 계산시간측면에서 Tabu Search가 유전알고리즘보다 더 빨리 좋은 해를 탐색할 수 있었다.

1. 서론

혼합모델 조립라인은 공장부지, 시설 등의 투자에 따른 제약과 시설의 효율적인 이용을 위하여 한 라인에서 유사한 여러 모델의 제품을 생산하는 조립라인이다. 혼합모델 조립라인에서는 재고비용을 줄이고 수요를 적시에 만족시키기 위하여 모델의 종류와 양을 평균화하여 골고루 혼류로 생산하는 사이클 생산방식을 택하는 경우가 많다. 사이클 생산에서 모델의 투입순서를 결정하는 데는 여러 목적이 있으나, 본 연구에서는 라인밸런싱되었거나 설비·치공구의 제약에 의해 모델별로 각 작업장의 작업시간이 주어진 경우, Tabu Search(TS)를 이용하여 라인의 길이를 최소로 하는 투입순서를 결정하고자 한다. 이러한 투입순서의 결정은 공장부지 및 시설 등의 활용을 높일 수 있으며, 라인상의 유휴작업 구간을 제거하여 생산 능력을 높일 수 있고, 설비의 배치계획수립을 가능하게 한다.

혼합모델 조립라인의 투입순서에 관한 연구는 Kilbridge와 Wester[12]에 의해 1963년 처음으로 발표된 이후, 여러 연구가 이루어 졌다. Okamura와 Yamashina[14]는 컨베이어의 정지위험을 최소로 하는 투입순서에 관한 연구로, 모델의 투입순서를 상호 교환하거나 삽입하는 방법을 제시하고 있다. Dar-El과 Cothier[7]의 전체 라인길이를 최소로 하는 투입순서를 결정하는 알고리즘은 라인길이를 조금씩 증가시키면서 매번 새로 순서를 구하고 있어 그 절차가 복잡하고 효과적이지 못하다. 또한 제시된 모형은 NP-Hard 문제로서 모델과 작업장의 수가 많아지면 실제 문제를 해결하기가 어렵게 된다.

그밖에 Burns와 Daganzo[4]는 작업준비시간과 생산능력을 고려하여 투입순서를 결정하는 방법을 제시하였으며, 김여근과 현철주[1]는 라인길이를 최소로 하는 투입순서 결정문제를 위한 유전알고리즘을 제시하였다.

Tabu Search(TS)는 부분최적에서 벗어나 최적해 또는 최적근사해를 구할 수 있는 탐색적 방법으로 Glover[8]에 의해 연구되기 시작하였다. Tabu Search는 Simulated Annealing, 유전알고리즘, 신경망이론과 함께 일정계획, 고용계획, 공간계획과 구조설계, 통신경로문제 등의 조합최적화문제에 널리 적용되고 있다. Belarmino[2]는 흐름생산문제에 Tabu Search를 적용하여 이웃해의 집합을 줄이는 방법을 제시하고 있으며, Takashi et al.[15]는 외판원문제, Beatty[3]는 일정계획 문제를 이용하여 Tabu Search를 타기법과 비교분석하고 있다. Tabu Search에 관한 이론연구로는 이동의 유형과 그 적용방법, 순환을 막는 방법, Tabu List 관리방법 등에 관한 연구가 이루어 졌다[9,10,16].

혼합모델 조립라인의 투입순서문제는 외판원문제(Traveling Salesman Problem)와 Flow-shop의 일정계획문제와 같은 일종의 순서문제(Sequencing Problem)이다. Tabu Search는 외판원문제[5,15], 일정계획문제[2,3,13,17] 등의 순서결정문제에 효율적으로 적용되고 있다. 그러나 본 문제는 외판원문제, Flow-shop문제와는 달리 한 사이클내에서 같은 모델의 제품이 생산될 수 있으므로 기존의 순서문제에 이용된 기법을 그대로 적용하는 데는 문제가 있다.

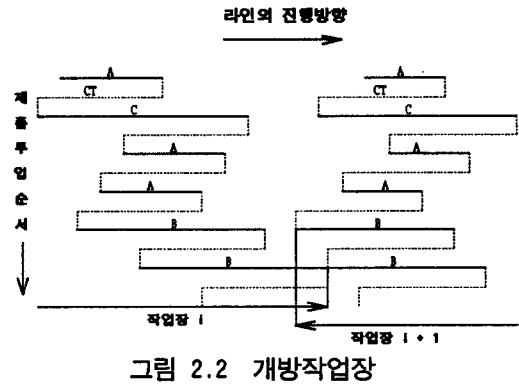
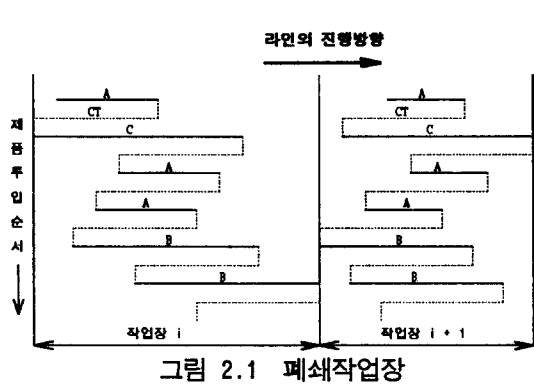
따라서 본 연구에서는 혼합모델 조립라인의 길이를 최소로 하는 투입순서를 결정하는 효율적인 Tabu Search를 개발하고자 한다. 이를 위해 다루는 문제에 적합한 이웃해를 생성하는 이동방법, Tabu 목록의 크기와 속성(attributes), 해의 순환 방지 방법 등에 관하여 연구하고 Tabu Search를 해의 탐색능력과 계산시간에 관하여 유전알고리즘과 비교분석하고자 한다.

본 연구의 구성은 아래와 같다. 제 2장에서 혼합모델 조립라인에 대해 살펴보고, 제 3장에서는 Tabu Search의 절차, 이웃해를 생성하는 이동방법과 해의 순환을 방지하기 위한 기법을 제시한다. 그리고 제 4장에서는 실험을 통하여 제시된 이동방법과 해의 순환방지기법에 대해 비교분석하며, 제 5장은 결론으로 구성되어 있다.

2. 혼합모델 조립라인의 길이

본 연구에서 다루는 혼합모델 조립라인은 일정한 속도로 이동하는 컨베이어 시스템으로 유사한 여러모델의 제품들이 일정시간 간격으로 투입(Fixed Rate Launching)되고 있으며 컨베이어의 이동에 따라 작업자가 이동하면서 작업하는 라인이다. 작업장은 폐쇄 작업장 또는 개방 작업장으로 이루어져 있다. 폐쇄 작업장이란 도장 작업장, 열처리 작업장 등과 같이 각 작업장의 경계가 존재하는 작업장으로, 작업지연으로 후행 작업장에서 작업을 하거나, 선행 작업장에서 미리 작업을 하는 것이 불가능하며, 주어진 작업장내에서만 작업을 해야 하는 작업장이다. 개방 작업장은 작업장의 경계가 명확히 구분되지 않고, 앞뒤 작업장의 공유가 가능한 작업장이다.

그림 2.1과 그림 2.2는 폐쇄작업장과 개방작업장의 예를 나타내었다. 그림에서 A, C, A, A, B, B 모델순으로 투입하는 경우 실선은 작업자의 위치변동(작업시간)을 나타내며, 점선은 제품간의 간격(투입 시간간격)을 나타낸다



폐쇄작업장의 라인길이는 그림 2.1과 같이 각 작업장길이의 합으로 구할 수 있고, 개방작업장에서는 그림 2.2와 같이 작업에 간섭이 되지 않는 한, 선후작업장을 공유할 수 있으므로 작업장간의 공유공간을 고려하여 전체 라인길이를 구해야 한다. 폐쇄작업장과 개방작업장의 라인길이를 구하는 수리모형은 김여근과 현철주[1의 2장]를 참조하기 바란다.

3. Tabu Search

본 장에서는 혼합모델 조립라인의 투입순서문제를 위한 Tabu Search를 개발하기 위하여 먼저 Tabu Search의 절차에 대하여 설명하고, 해의 탐색성능에 큰 영향을 미치는 이웃해 생성방법과 Tabu Search에서 나타나기 쉬운 해의 순환을 방지하기 위한 기법을 제시하고자 한다.

3.1 Tabu Search

Tabu Search는 해가 몇개의 특정방향으로 이동(Move)하지 못하도록 제약(tabu)하여 해의 순환(Cycling)을 막고, 이웃해 중 가장 좋은 이웃해로 이동함으로써 부분 최적해를 벗어나 최적해 또는 최적근사해를 구할 수 있는 일종의 탐색적 기법이다.

Tabu Search의 절차[9]를 단계별로 정리하면 다음과 같다.

단계 1. 초기해를 구하여 현재해(curr_x)와 최선해(Best_x)로 둔다.

반복수(iter)를 0으로 둔다. iter = 0.

tabu 목록(T)을 비워둔다.

단계 2. 현재해로 부터 모든 이웃해(neigh_x)를 생성한다.

모든 이웃해가 tabu상태이고 열망수준에 넘지 않으면 알고리즘의 수행을 끝낸다.

그렇지 않으면 tabu상태에 있지 않거나 tabu상태에 있더라도 열망수준을 넘는 이웃해중 가장 좋은 이웃해를 현재해로 놓는다.

반복수를 1 증가시킨다. iter=iter+1

단계 3. 현재해가 최선해보다 좋은 해이면 현재해를 최선해로 둔다.

단계 4. 종료조건을 만족하면 알고리즘의 수행을 끝낸다.

그렇지 않으면 tabu 목록을 갱신하고 단계 2.로 돌아간다.

tabu 제약은 어떤 이동의 속성을 tabu가 되게하여 그 속성을 갖는 이동을 금지하는 역할을 하는 것으로, 본 연구에서는 i 위치에 있는 원소 $\Pi(i)$ 와 j 위치에 있는 원소 $\Pi(j)$ 와 서로 교환되어 이웃해가 생성되었다면 tabu 목록의 속성을 $(\Pi(i), \Pi(j), i, j)$ 로 하였다. 열망수준은 어떤 이동이 tabu상태이지만 이를 해제하여 해의 이동을 가능케하는 기준으로 본 연구에서는 열망수준을 현재까지 탐색한 가장 좋은해, 즉 최선해로 두었다. 또한 종료조건으로는 반복수, 탐색한 이웃해의 수, 최선해를 개선하지 못한 회수 등을 사용하고 있으나 본 연구에서는 현재까지 탐색한 이웃해의 개수를 사용하여 알고리즘을 종료하기로 한다. tabu 목록의 갱신은 전단계의 현재해를 현단계의 현재해로 이동시킨 이동의 속성을 tabu 목록에 삽입시킨다. 이때 삽입된 개수가 tabu 목록크기보다 크면 가장 오래된 이동의 속성을 제거하고 삽입한다.

3.2 이웃해를 생성하는 이동방법

순서문제에서는 이웃해를 생성하는 이동방법으로 흔히 교환이동과 삽입이동을 사용하고 있다. 본 연구에서는 교환, 삽입이동방법뿐만아니라 생성된 이웃해가 위치 및 순서의 변화를 적절히 가져 올 수 있는 역순, 접합이동방법을 제시하고, 이들 이동방법에 대해 실험을 통해 비교분석한다.

3.2.1 교환이동방법

교환이동은 서로 같지 않은 임의의 두 원소를 교환하여 이웃해를 생성하는 방법이다.

$(A A B \underline{B} B C C \underline{C} C) \Rightarrow (A A B C \underline{B} C C \underline{B} C)$

3.2.2 삽입이동방법

삽입이동은 한 원소를 다른 위치로 삽입하여 이웃해를 생성하는 방법이다.

$(A A B \underline{B} B C C C C) \Rightarrow (A A B B C C C \underline{B} C)$

3.2.3 역순이동방법

역순이동방법은 몇개의 연속된 원소를 선택하여, 선택된 연속된 원소들이 좌우대칭이 아니면 이 원소들을 역순으로하여 이웃해를 생성하는 방법이다.

$$(A A B B B C C C C) \Rightarrow (A A B C C B B C C)$$

3.2.4 접합이동방법

접합이동방법은 몇개의 연속된 원소를 선택하여, 이 원소들을 마지막 위치에 접합하여 이웃해를 생성하는 방법이다.

$$(A A B B B C C C C) \Rightarrow (A A B C C B B C C)$$

3.3 해의 순환 방지 기법

Tabu Search는 Simulated Annealing, 유전알고리즘에 비해 간편하고 효율적인 탐색적 방법이나, 타 기법과는 달리 해의 순환이 발생 할 수 있다. 해의 순환은 tabu 목록의 크기만큼은 방지 될수 있는데, tabu 목록의 크기가 너무 크면 모든 이웃해가 tabu 제약에 걸려 해의 이동을 차단해 버리는 경우가 발생되어 부분 최적해에 빠지기 쉽고, tabu 목록을 검사하는 시간이 많이 걸린다. 이에 반해 tabu 목록의 크기가 너무 작으면 해의 순환이 발생하여 좋은 해를 탐색해 나아갈 수 없다. 해의 순환을 막기 위해 일정한 반복수에 따라 tabu 목록의 속성을 변화시키거나 tabu 목록의 크기를 증가 또는 감소시키는 방법[11], 초기해를 변경하여 LTM(Long Term Memory)을 적용하는 방법[10] 등이 제시되고 있으나 효율적으로 해의 순환을 방지하는 방법은 아직까지 제시되고 있지 않다.

본 연구에서는 해의 순환을 효과적으로 방지할 수 있는 방법으로 확률적 이동방법을 제시한다. 확률적 이동방법은 목적함수값이 가장 좋은 개체부터 차례로 나열하여 순위에 따라 이웃해로 이동할 확률을 선형 또는 비선형함수로 나타내어 확률적으로 이웃해를 선택하는 것이다. 본 연구에서는 목적함수값이 가장 좋은 이웃해부터 차례로 나열하여 순위를 1, 2, 3,...으로 주고, 각 이웃해로 이동할 확률을 아래와 같은 기하분포를 사용하여 나타내기로 한다.

$$Prob(rank) = q(1-q)^{rank-1}, rank = 1, 2, 3, \dots$$

여기서 q는 가장 좋은 이웃해로 이동할 확률이고 $0 < q < 1$ 의 값을 갖는다. q가 1인 경우에는 이웃해 중 가장 좋은 해만으로 이동하므로 원래의 Tabu Search 기법과 같아지게 된다.

4. 실험결과

혼합모델조립라인의 투입순서 결정에 적합한 Tabu Search의 개발을 위하여, 이 장에서는 제 3장에서 제시한 이웃해를 생성하는 이동방법과 해의 순환 방지기법 그리고 Tabu Search와 유전알고리즘의 성능을 실험을 통하여 비교분석하고자 한다. 결과분석은 실험의 신뢰도를 높이기 위하여 매 실험마다 초기해를 달리하여 50회 반복실험한 평균치를 사용하였다.

본 연구에서는 예제로 Dar-El과 Nadivi[6]가 제시한 전화교환기 투입순서문제를 사용하였다. 이 예제는 총 27개의 작업장으로 구성된 조립라인에서 8종류의 모델을 생산하며, 각 작업장은 폐쇄작업장으로 이루어져 있다.

4.1 Tabu 목록의 크기 비교분석

본 문제의 특성과 크기에 적절한 tabu 목록의 크기를 구하기 위하여, 교환, 삼입, 역순, 접합이동방법으로 Tabu 목록의 크기를 변화시키면서 비교분석을 하였다. 이때 가장 좋은 해로 이동할 확률(q)을 1로 하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 q=1 이면 원래의 Tabu Search기법과 같게 된다.

이동방법에 따라 미세한 차이는 있지만 tabu 목록의 크기가 7 ~ 15 일때 해의 탐색성능이 비교적 우수하였다. 본 예제의 경우 tabu 목록의 크기가 5이하인 경우에는 해의 순환이 자주 발생하여, 25이상인 경우에는 좋은 해로의 이동을 차단하여 해의 탐색능력이 떨어짐을 알수 있었다.

4.2 이동방법의 비교분석

교환, 삽입, 역순, 집합들의 이웃해 생성방법들에 대해 해의 탐색성능을 비교하고자 한다. 또한 각 방법의 성능을 임의탐색(Random Search)과 비교하기 위해 매 반복마다 교환이동방법의 이웃해 개수만큼 해를 임의로 발생시킨 "Random" 방법을 사용하여 해를 탐색하였다.

그림 4.1은 tabu목록의 크기는 10으로 q는 1로 두고 실험한 경우의 교환, 역순, 집합, 삽입, 랜덤이동방법들에 대한 해의 탐색능력을 나타내고 있다.

tabu목록의 크기를 1 ~ 40 으로, q를 0.1 ~ 1.0까지 다양하게 변화시키면서 실험한 결과 대부분 역순이동방법이 가장 좋은 해를 찾고, 교환, 집합, 삽입이동방법의 순이며, 임의 탐색방법이 가장 나쁘게 나타났다. 역순이동방법이 가장 좋은 것은 생성된 이웃해가 원소의 위치 및 순서를 적절하게 변화시킴으로써 더 좋은 이웃해를 발생시킬 수 있다는 것을 보여준다. 이것은 해의 탐색강화(Intensification)와 해의 다양화(Diversification)를 적절히 조화시킴을 보여준다.

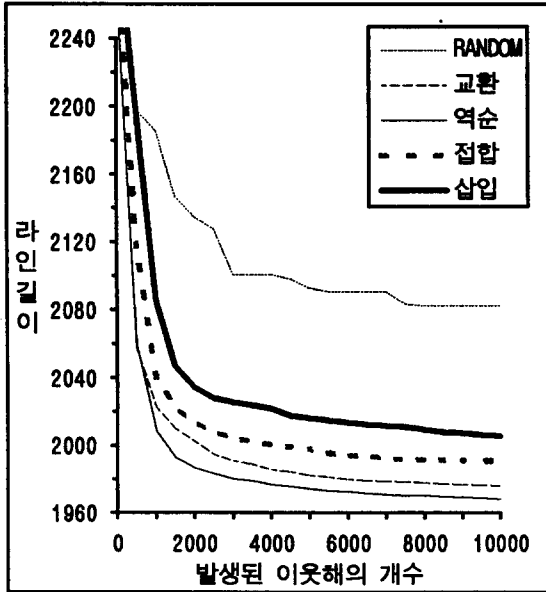


그림 4.1 tabu 목록의 크기가 10 인 경우 이웃해 생성방법의 비교(q=1.0)

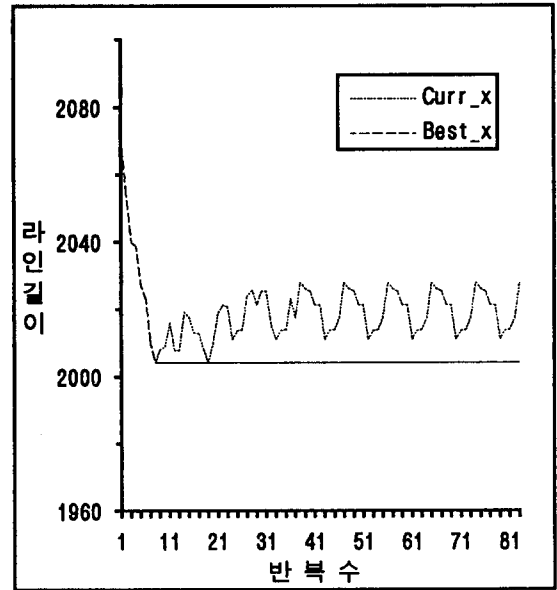


그림 4.2 해의 순환 현상 (Tabu 목록의 크기=3,q=1.0)

4.3 확률적 이동방법에 대한 분석

Tabu Search의 해의 순환현상을 살펴보고, 확률적 이동방법이 해의 순환을 어떻게 방지하는가에 대해 분석하고자 한다. 또한 확률적 이동방법에 대한 해의 탐색능력을 계산시간 측면에서 분석하고자 한다. 앞에서 언급하였던 바와 같이 tabu목록의 크기보다 큰 주기를 갖는 해의 순환은 나타날 수 있다.

그림4.2은 tabu목록의 크기가 3이고 q=1 일때의 해의 순환현상을 나타내었다. 해의 순환현상은 반복 수 40근처에서 나타나 반복수 9를 주기로 순환하고 있다. 해의 순환이 일어나면 해는 더 이상 개선되지 않는다. 이러한 해의 순환은 탐지하기 어려운 정도의 반복수를 주기로 하여 발생하기도 한다[11].

그림4.3은 그림4.2과 같은 상황에서 단지 q을 0.8로 변화시켜 실험한 결과로서, 확률적이동방법이 해의 순환현상을 방지하여 좀 더 좋은 해를 탐색할 수 있음을 나타내고 있다.

확률적이동방법을 사용한 경우($0 < q < 1$)와 사용하지 않은 경우($q=1$)의 해의 탐색능력을 비교하기 위해 교환, 역순이동방법을 사용하여 이웃해를 생성하고 tabu목록의 크기와 q의 값을 변화시키면서 실험한 결과

1) tabu목록의 크기가 작을수록(1~5) q 를 작게(0.4이하) 하면 대체적으로 해의 효율이 증가된다. 이는 해의 순환이 발생할 가능성이 높은 경우에 q 를 작게 하면 해의 순환이 방지되어 해의 효율이 증가되는 것으로 풀이된다.

2) tabu목록의 크기가 아주 크면 q 의 변화가 해의 효율에 영향을 주지 못한다. 이는 모든 이웃해가 tabu 상태에 있는 경우가 흔히 발생하여 부분최적해로 수렴해 버리는 것으로 풀이된다.

3) 확률적이동방법을 사용함으로써 상대적으로 tabu목록의 크기를 줄일 수 있다. 즉 해의 효율에 영향을 미치지 않고 tabu목록의 크기를 3 ~ 5 정도로 줄일 수 있음을 알 수 있다.

확률적이동방법을 사용한 경우($0 < q < 1$)와 사용하지 않은 경우($q=1$)를 계산시간의 측면에서 비교해 볼 때 확률적이동방법의 경우 해가 좋은 순으로 배열하는 시간이 더 걸리나 상대적으로 tabu목록의 크기를 줄어들어 tabu목록의 검사시간이 작게되어 계산시간은 거의 비슷해진다.

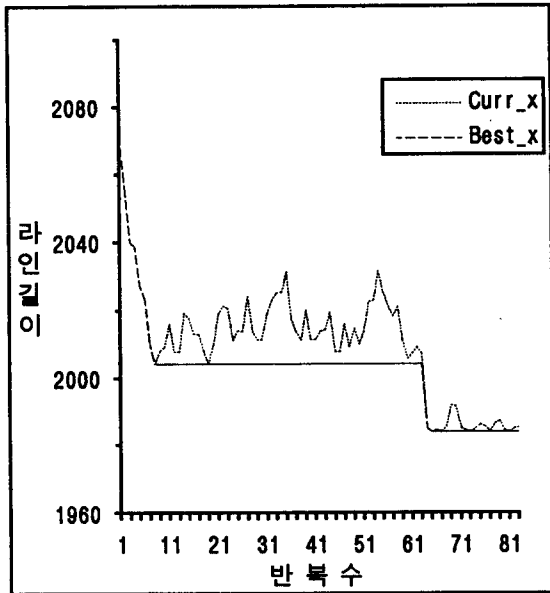


그림 4.3 해의 순환 현상을 방지
(Tabu 목록의 크기=3, $q=0.8$)

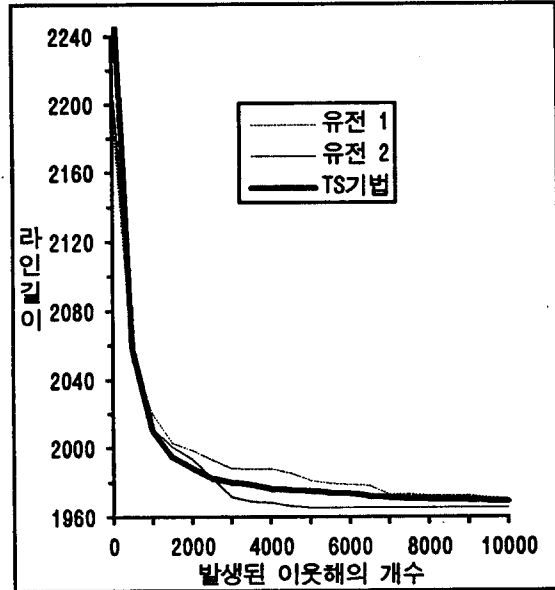


그림 4.4 Tabu Search 와 유전알고리즘과의 비교

4.4 유전알고리즘과의 비교분석

유전알고리즘과 Tabu Search의 실험결과를 해의 탐색능력과 계산시간측면에서 비교분석하였다. 김여근과 현철주[1]의 연구의 유전알고리즘중에서 가장 좋은 연산자를 사용한 경우와 Tabu Search에서 가장 좋은 이웃해 생성방법인 역순이동방법으로 두기법을 비교하여 보면 분석한 결과분석결과를 사용하였다.

그림 4.4에 유전 1은 유전알고리즘에서 이원연산자로 ISR를 사용하고 일원연산자비율 0.5으로 역순연산자를 사용하였고, 유전 2은 유전알고리즘에서 이원연산자로 SX+ISR를 사용하고 일원연산자비율 0.3으로 역순연산자를 사용한 경우 해의 탐색성능을 나타낸다. TS기법은 역순이동방법과 tabu 목록의 크기를 7, $q=0.8$ 를 사용한 경우의 해의 탐색능력을 나타내었다.

그림 4.4에 나타난 바와 같이 다루는 문제의 경우 Tabu Search와 유전알고리즘의 해의 탐색성능은 비슷하였다. 그러나 IBM PC 486 DX66으로 BC++로 프로그래밍하여 10,000개의 이웃해를 탐색하는데 걸린 시간은 Tabu Search의 경우 평균 12초, 유전알고리즘의 경우 평균 72초가 걸려 계산시간면에서는 Tabu Search 가 5 ~ 6배 더 효과적임을 알 수 있었다.

지금까지는 폐쇄작업장에 대한 분석이었으나 개방작업장의 경우에도 폐쇄작업장과 같은 절차를 사용하여 실험한 결과, tabu 목록의 크기 및 이동방법의 비교분석결과가 폐쇄작업장의 경우와 거의 비슷하게 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 폐쇄작업장 또는 개방작업장으로 이루어진 혼합모델 조립라인의 길이를 최소로 하는 투입순서를 결정하는 Tabu Search을 개발하기 위하여 다루는 문제에 적합한 이웃해 생성방법을 개발하고 해의 순환현상을 방지하기 위한 기법을 개발하였으며, 또한 실험을 통해 이웃해 생성방법과 해의 순환 방지기법, 개발된 Tabu Search기법과 유전알고리즘과의 계산시간과 해의 탐색성능의 측면에서 비교분석하였다. 실험결과는 아래와 같았다.

- 1) 본 문제에 경우 가장 좋은 tabu 목록의 크기는 7 ~ 15로 나타났다.
- 2) 이웃해를 생성하는 이동방법 중에서는 역순이동이 가장 좋았으며, 다음은 교환, 접합, 삽입이동순으로 나타났다.
- 3) 개발한 확률적 이동방법이 해의 탐색 성능의 저하없이 효율적으로 해의 순환을 방지할 수 있었다.
- 4) 개발된 Tabu Search 방법이 유전알고리즘보다 계산시간측면에서 볼때 더 빨리 좋은 해를 탐색할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 김여근, 현철주, "혼합모델 조립라인의 생산순서결정을 위한 유전알고리즘", 대한산업공학회지, 1994년 9월, 출판 예정
- [2] Belarmino, A.D., "Restricted Neighborhood in the Tabu Search for the Flowshop Problem", European Journal of Operational Research, Vol. 62, pp. 27-37, 1992.
- [3] Beaty, S. J., "Genetic algorithm versus Tabu search for instruction scheduling", Proceedings of the fifth International Conference on Genetic Algorithms, pp.496-501, 1993.
- [4] Burns, L.D. and Daganzo, C.F., Assembly line job sequencing principles, International Journal of Production Research, Vol. 25, No. 1, pp. 71-99, 1987.
- [5] Cerny, V., "Thermodynamical Approach to the Traveling Salesman Problem: An Efficient Simulation Algorithms", Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 45, No. 1, pp. 41-51, 1985.
- [6] Dar-El, E.M. and Navidi A., "A Mixed-Model Sequencing Application", International Journal of Production Research, Vol. 19, No. 1, pp. 69-84, 1981.
- [7] Dar-El, E.M. and Cother, R.F., "Assembly Line Sequencing for Model-Mix", Management Science, Vol. 13, No. 5, pp. 463-477, 1975.
- [8] Glover, F., "Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence", Comput. & Ops. Res. Vol. 13, No. 5, pp. 533-549, 1986.
- [9] Glover, F., "Tabu Search-Part I", ORSA Journal on Computing, Vol. 1, No. 3, pp. 190-206, 1989.
- [10] Glover, F., "Tabu Search-Part II", ORSA Journal on Computing, Vol. 2, No. 1, pp. 4-32, 1990.
- [11] Jadranka, S.K., "Tabu Search Applied to the Quadratic Assignment Problem", ORSA Journal on Computing, Vol. 2, No. 1, pp. 33-45, 1990.
- [12] Kilbridge, M., and Webster, L., "The assembly line model-mix sequencing problems", Proceeding of the Third International Conference on Operations Research. Oslo, pp. 247, 1963.

- [13] Laguna, M., Barnes, J. W. and Glover, F., "Tabu Search Methods for a Single Machine Scheduling Problem", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 2, pp. 63-74, 1991.
- [14] Okamura, K. and Yamashina, H., "A Heuristic Algorithm for the Assembly Line Model-Mix Sequencing Problem to Minimize the Risk of Stopping the Conveyor", International Journal of Production Research, Vol. 17, No. 3, pp. 223-247, 1979.
- [15] Takashi, K., Hiroaki, K. and Masakazu, N., "A hybrid Search for genetic algorithms : Combining genetic algorithms, TABU Search and Simulated annealing", Proceedings of the fifth International Conference on Genetic Algorithms, pp. 641, 1993.
- [16] Werra, D. D. and Hertz, A., "Tabu Search Techniques (A Tutorial and Application to Neural Networks)", OR Spektrum, Vol. 11, pp. 131-141, 1989.
- [17] Widmer, M. and Hertz, A., "A New Heuristic Method for the Flow Shop Sequencing Problem", European Journal of Operations Research, Vol. 41, pp. 186-193, 1989.