한국산업정보학회논문지 제13권 제5호(2008. 12)

설비배치계획에서의 개미 알고리듬 응용

(Ant Algorithm Based Facility Layout Planning)

이 성 열*, 이 월 선**
(Sung-Youl Lee, Wol-Sun Lee)

Abstract Facility Layout Planning is concerned with how to arrange facilities necessary for production in a given space. Its objective is often to minimize the total sum of all material flows multiplied by the distance among facilities. FLP belongs to NP complete problem; i.e., the number of possible layout solutions increases with the increase of the number of facilities. Thus, meta heuristics such as Genetic Algorithm (GA) and Simulated Annealing have been investigated to solve the FLP problems. However, one of the biggest problems which lie in the existing meta heuristics including GA is hard to find an appropriate combinations of parameters which result in optimal solutions for the specific problem. The Ant System algorithm with elitist and ranking strategies is used to solve the FLP problem as an another good alternative. Experimental results show that the AS algorithm is able to produce the same level of solution quality with less sensitive parameters selection comparing to the ones obtained by applying other existing meta heuristic algorithms.

Key Words : Facility Layout Planning, Meta Heuristics, Ant System Algorithm

1. 서 론

설비배치계획은 생산과 관련한 인적 및 물적 자원의 최적 흐름을 위해서 공장내의 건물,시설, 기계설비, 통로, 창고, 사무실 등의 물적 요소의 위치를 공간적으로 적절하게 배열하는 것을 주목적으로 한다. 본 연구에서 적용된 블럭단위 설비배치계획문제는 설비 배치시 각 설비를 서로 다른 면적의 직사각형으로 가정하며, 가로 방향의 통로가 생성되며 배치할 영역의 가로 상한치를 주고, 블럭의 폭은 블럭 내 설비들 중 가장 긴 세로의 길이로 결정되므로 일정치 않다. 따라서 각 블럭을 형성 할 때 통로와 설비 사이의 빈 공간을 가능한 줄이는 방향으로 배치가 이루어진다. 빈 공간의 존재를 인정하므로 배치결과의 재조정이 불필요해진다. 이러한 배치 결과는 총이동거리를 최소화하기 위해 각 블럭내의 설비사이의 이동거리와 빈 공간을 줄이는 것이 관건이다. 배치순서는 전체영역의 맨 좌측에서부터 우측 방향으로 가로 상한치에 도달할 때까지 한 개 설비씩 순서대로 정렬이 이루어지는 설비 배치열을 형성하며, 각 블럭은 모든 설비들의 배치가 완료될 때까지 두 번째 열 블럭, 세 번째 열 블록 등으로 정렬된다.

설비 사이의 거리는 각 공간의 중심점 사이의 직각거리로 가정하였고 설비의 가로와 세로의 길이 및 각 설비와 설비사이의 흐름량은 미리 사전에 주어진다. 따라서 설비배치문제는 공간제약 및 블럭제약을 지키면서 설비 사이의 거리와 흐름량의 곱이 최소화되는 배치형태를 찾는 문제로 요약될 수 있다. 개미 알고리듬에 대한 논의는 90년대 초부터 유럽 등지를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 개미 알고리듬의 이론적 배경을 살펴보면 실제 개미의 이동 행태를 연구한 것으로 개미가 먹이가 있는 곳에서 개미집으로 먹이를 옮기기 위해 이동

* 관동대학교 컴퓨터학과 교수
** 관동대학교 생활관 조교

할 때 페르몬이라는 물질을 이동 경로 상에 남기며 다른 개미들이 이 페르몬의 흔적을 따라 확률적으로 그 길을 택하게 되면서 최단경로를 찾는다는 것에서 착안한 것이다. 개미의 습성에서 발견한 이러한 이동 행태를 수학적 알고리듬으로 표현한 것이 개미 알고리듬이다. 유전 알고리듬, 시뮬레이티드 어닐링, 타부서치 등의 기존의 다른 메타 휴리스틱 기법에서는 해의 결과에 민감한 반응 때문에 선정에 어려움이 많은 매개변수가 개미 알고리듬에서는 그다지 민감하지 않고 경우의 수가 많아질수록 계산 시간도 다른 기법에 비해 상대적으로 빠른 편이다.[Dorigo 1991] 이러한 개미 알고리듬을 설비배치문제에 적용하여 그 적용방법과 문제점을 정리하였고, 결과적으로 기존의 다른 메타 휴리스틱 기법과 비교하여 해의 질은 동등하면서 보다 안정적이고 신속하게 해를 도출 할 수 있었다. 또한 매 개미 사이클마다 찾아진 좋은 해들을 반영하면서도 탐색영역을 다양화하기 위해서, 엘리티스트 전략과 랭킹전략이 이용되었다.

2. 설비배치 문제 및 접근방법

설비배치계획은 생산 및 물류의 효율성에 중요한 문제로서 각 설비와 설비사이의 거리와 물자의 흐름량에 영향을 받는다. 설비배치 문제는 설비수가 늘어날수록 계산량이 증가하는 NP-complete 문제이다. 물자의 흐름량을 가중치로 정의하고 총 이동거리와 흐름량의 곱을 최소화하는 설비배치계획 문제의 목적함수는 보통 아래의 식(1)과 같이 요약될 수 있다.

$$Min\,F = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1\neq 1} W_{ij} \cdot d_{ij} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$
$$(i,j = 1,2,3,\ldots\ldots,n)$$

여기서, F= 총이동거리
n= 설비의 개수
W_{ij} = 설비 i와 j사이의 흐름량
d_{ij} = 설비 i와 j사이의 직각거리

전통적 설비배치 기법 (Systematic Layout Planning)의 단점을 보완하기 위하여 지난 20여년간 컴퓨터을 이용한 배치 알고리듬도 많이 개발되어 이용되었는데 대표적으로 CRAFT, COFAD, ALDEP 등이 있다. 그러나 이러한 배치 알고리듬의 적용에 의해 생성된 설비배치계획들은 가끔 실제 사용할 수 없는 요철 모양의 불규칙한 형상으로 나타나기 때문에 최종 배치안을 얻더라도 수작업에 의한 상당한 재조종이 필요한 문제점을 갖고 있다.

최근에는 설비배치계획에 최적화 기법을 이용하고 있는 추세인데, 특히 SA, GA, TS 등의 메타 휴리스틱은 특정 문제가 갖는 정보에 크게 구속되지 않고 다양한 문제에 적용 가능한 상위수준의 발견적 기법이며 해공간의 탐색 성능이 우수하여 설비배치의 최적화와 의사결정에 많은 도움을 주고 있다. 그러나 해를 구하는 과정에서 해의 성능에 민감한 영향을 미치는 페러미터들의 선정에 막대한 시간과 노력이 요구되고 있어서 실제 응용에 어려움이 있는 점이 단점으로 지적되고 있다.

한성남 외 2인(2001)은 산업 공학 외에 건축등 여러 분야에서 공간 배치 최적화와 관련된 공간배치 문제에 대한 중요성을 강조하며 최적 공간배치 알고리듬으로 유전자 알고리듬을 적용하였다. 제안된 유전자를 이용한 최적 공간배치 알고리듬과 기존의 알고리듬의 효율성을 비교하기 위해 두 가지 방법 모두 동일한 목적함수, 염색체 구조, 설비배치의 표현방법 등을 설정하여 실험한 결과 제안된 유전자 알고리듬의 효율성이 더 우수함을 증명하였다.

홍관수(1995)는 설비배치문제를 최적화 알고리듬과 휴리스틱 알고리듬으로 분류 적용하였다. 최적화 알고리듬은 조합적인 성격 때문에 배치하여야 할 설비의 수가 15개 이상인 경우에는 경험적으로 최적해를 구하는 것이 불가능하므로 이러한 문제를 해결하기 위해 여러 휴리스틱 알고리듬이 개발되었다. 개발된 휴리스틱 알고리듬은 초기 배치안 작성과 개선해 도출 알고리듬으로 분류하였으며 초기 배치안 작성 알고리듬은 완전한 배치안이 작성될 때 까지 한번에 하나의 설비를 하나의 지역에 배치하는 반면에, 개선해 도출 알고리듬은 주어진 초기 배치안을 기초로 하여 모든 설비 상호간의 비교를 통하여 해를 가장 많이 개선할 수 있는 설비를 찾아 더 나은 대안이 없을 때까지 교

환하는 과정을 계속적으로 반복하여 개선해를 구한다. 그러나 이 알고리듬의 최종 배치안은 초기 배치안에 의해 크게 영향을 받는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 배치문제를 해결할 수 있는 시뮬레이티드 어닐링 알고리듬을 이용한 모형을 개발하여 기존의 연구들과 비교한 결과 다수 요인을 고려한 모형은 각 요인의 중요도를 다른 모형에 비하여 더 잘 반영하였고 다른 알고리듬에 비해 초기 배치안에 크게 영향을 받지 않고 더 우수한 해를 제시할 수 있다는 연구결과를 보여 주었다. 그러나 이 연구는 자재 흐름과 근접도의 두 가지 요인만이 고려되었고 설비의 크기와 모양이 일정한 것으로 가정하여 실제이용에 한계를 갖고 있다.

우성식 외 1인(1997)은 전통적 설비배치계획기법인 SLP기법의 단점을 보완하기 위해 유전자 알고리듬을 이용하였다. 블럭단위 설비배치에 유전알고리듬을 이용하여 설비 간 총 이동거리를 최소화하는 최선의 해를 탐색하는 설비배치 기법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 블럭단위의 배치로 인해 직사각형 전체 영역의 형상을 원하는 데로 유지할 수 있게 되었고 동시에 가로(수평)방향의 통로를 자동적으로 생성할 수 있게 된다. 이 제안된 배치 기법을 수행한 결과 직사각형 전체 영역의 가로 크기를 원하는 데로 유지할 수 있을 뿐 아니라 설비간의 가로방향 통로를 생성해 주기 때문에 기존의 배치 기법들과 비교하여 실용적인 해를 구할 수 있었다.

그러므로, 본 연구에서는 우성식의 논문에 이용된 블럭단위 설비배치계획에 개미 알고리듬을 적용하였다. 제안된 개미 알고리듬은 매개변수의 선정이 그다지 민감하지 않아서 효율적으로 안정적인 해를 구할 수 있는 메타 휴리스틱으로서, 설비배치계획에 응용하여 그 실험결과를 기존의 다른 두가지의 GA 알고리듬 응용결과들과 비교 분석하였다.

3. 개미 알고리듬의 절차

설비배치에서 고려되어야할 요소는 설비의 개수, 설비와 설비사이의 직각거리, 그리고 흐름량이다.

개미 알고리듬에 의해서 제공되는 최적해의 질은 소위 엘리티스트 인공개미 전략 (elitist strategy)을 접목시키면서 개선될 수 있다. 엘리티스트 전략은 매 반복주기후에 그때까지 찾아진 최선해를 더 강조하는 전략이다. 즉, 페르몬 양이 갱신될 때 이 최선의 배치계획은 마치 주어진 개수의 엘리티스트 개미들이 그 배치계획을 선택한 것처럼 처리되어 궁극적으로 이 배치계획의 일부 배치순서가 전체 최적해에 반영될 확률이 높아지게 하는 것이다. 최적해를 구하는 과정에서 우선 개미 알고리듬을 적용하여 반복주기의 결과 중 지역적 탐색에서 최선해로 발견된 것을 보전하고 강조하여 전체 최적해를 찾는데 반영하는 방법이다. 하지만, 개미 사이클의 진화과정 동안에 전반적인 해의 질이 향상되고 개별적인 해사이에 차이가 미세해지는 경우에는 선택확률의 차이도 역시 미세해져서, 결과적으로 좋은해의 탐색능력 (exploitation)이 감쇄된다. 대부분의 개미들이 서로 총 이동거리가 비슷한 해에 도달하면, 다시 말해서 최적은 아니지만 근사 최적에 가까운 해에 도달하면, 최단거리를 강조하는 효과가 감쇄된다. 이 문제를 해결하기 위해, 순위전략 (ranking)이 추가적으로 도입되었다. 먼저 모집단이 적합도에 따라 정돈되고 선택확률은 개별 배치계획의 순위에 의존한다. 이때 단지 주어진 개수 (ω)의 우수한 개미들에 대해서만 순위가 고려 되기 때문에 부분 최적배치에 도달한 많은 개미들로부터 야기될 수 있는 과도한 페르몬 양의 누적위험을 피할 수 있다. σ를 현재까지 찾아진 최선의 배치계획에 의한 페르몬 기여 비중 (또는 엘리티스트 개미수)이라 하면, 어떤 다른 비중도 이 값보다는 작아야 한다. 그러므로, 여기서는 μ번째 순위의 우수한 개미에 대해 (σ-μ)의 비중을 부여하고, ω=σ-1로 설정하여 고려된 개미수는 엘리티스트 개미수보다 하나 적게 하였다. 결과적으로 엘리티스트 전략과 랭킹전략의 도입은 기존의 단순 개미 알고리듬에 더좋은 해의 탐색능력 (exploitation)뿐만 아니라, 다양한 해의 탐색능력 (exploration)을 균형 있게 보완해준다.

엘리티스트 전략과 순위전략을 반영한 개미시스템 알고리듬의 FLP문제에 대한 적용절차는 다음과 같다:

1 단계: 초기화

페러미터 (α, β, ρ, σ)의 초기화, 개미수=설비수로 하고, 설비사이의 흐름량, 설비의 가로/세로 길이의 입력과 모든 설비들 사이에 대한 초기 페르몬 강도 $\tau_{ij}(t)$=1로, $\Delta\tau_{ij}$=0으로 초기화한다.

2 단계: 주어진 최대 반복횟수에 이를 때까지 다음을 반복한다.

2.1 모든 개미들을 TABU(k,s) 목록의 첫 번째 설비에 할당한다.

여기서, TABU 목록은 현재까지의 배치 계획에 이미 포함되어 더 이상 고려되어서는 안되는 설비들의 번호를 의미한다.

k=1, ..., m (개미수)이며, s=1, ... , ns (설비수)이다.

2.2 모든 개미에 대해 다음을 반복한다.

2.2.1 첫 번째 개미의 첫 번째로 계획된 설비 이외의나머지설비들에 대해 다음을 반복한다.

- TABU 목록에서현재까지 배치된 설비이외의 나머지 가용설비목록들을 탐색
- 가용설비목록들의 선택확률 (P_{ij}) 계산

$$P_{ij}=\begin{cases}\dfrac{[\tau_{ij}]^{\alpha}[\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{h\in\Omega}[\tau_{ih}]^{\alpha}[\eta_{ih}]^{\beta}} & \text{만약, } j\in\Omega\text{이면}\\ 0 & \text{그렇지 않으면}\end{cases} \quad ....(2)$$

여기서,

τ_{ij}, 설비 i와 j 사이의 페르몬 강도
α, τ_{ij}의 영향을 규정하는 매개변수, 1
η_{ij}, 설비 i와 j사이의 가시도 (η_{ij} = $1/d_{ij}$)
β, η_{ij}의 영향을 규정하는 매개변수
Ω, 아직 선정되지 않은 가용한 설비들의 목록 집합
d_{ij}, 설비 i와 j사이의 거리

- 선택확률에 따라 다음 설비 선택
- 선정된 설비를 TABU 목록에 추가

2.3 모든 개미에 의해 제각기 선택된 설비배치계획들에 대한 각각의 총 이동거리를 계산한다.

2.4 모집단 (모든 개미)의 각각의 배치계획들을 총 이동거리에 따라 오름차순으로 정돈한다. 총 이동거리가 짧은 순서로 ω개의 우수한 개미들에 대한 페르몬을 갱신한다.

그밖의 나머지 모든 설비들에 대해서도 페르몬 값 (τ_{ij})을 갱신하고, $\Delta\tau_{ij}$ = 0 으로 다시 초기화한다.

$$\tau_{ij}(t+1)=\rho\tau_{ij}(t)+\Delta\tau_{ij}+\Delta\tau^{*}{}_{ij} \quad ...(3)$$

여기서, $\Delta\tau_{ij}=\sum_{\mu=1}^{\sigma-1}\Delta\tau^{\mu}{}_{ij}$

$$\Delta\tau^{\mu}{}_{ij}=\begin{cases}(\sigma-\mu)\dfrac{Q}{L_{\mu}} & \mu\text{번째 우수한 개미가 설비}\\ & \text{배치}(i,j)\text{사이를 이동하면,}\\ 0 & \text{그렇지 않으면}\end{cases}$$

$$\Delta\tau^{*}{}_{ij}=\begin{cases}\sigma\dfrac{Q}{L^{*}} & \text{만약, 설비배치}(i,j)\text{가}\\ & \text{최선해의 일부이면,}\\ 0 & \text{그렇지 않으면}\end{cases}$$

여기서,

t, 반복횟수 카운터
ρ∈ [0,1], τ_{ij}의 증발을 규정하는 매개변수
$\Delta\tau_{ij}$, 설비 i와 j사이의 페르몬 양의 총 증가분
m, 개미수
$\Delta\tau_{ij}{}^{\mu}$ μ번째 우수한 개미에 의해 야기된, 설비 i와 j사이의 페르몬 증분
Q, 단위 이동당 개미 한 마리에 의해 남겨지는 페르몬 양
L_{μ}, μ번째 우수한 개미의 총 이동거리
$\Delta\tau_{ij}{}^{*}$, 엘리티스트 개미에 의해 야기된 설비 i와 j사이의 페르몬 증분
σ 엘리티스트 개미수
ω 순위가 고려된 우수한 개미수, (ω=σ-1)
L^{*} 최선해의 총 이동거리

2.5 현재까지 얻어진 TABU 목록 중 총 이동거리가 최소인 설비배치계획을 선정/갱신하고 저장한다.

3 단계: 현재까지의 최소거리 설비배치계획을 출력한다.

위의 절차에서 매개변수 α, β, ρ, σ, Q는 Dorigo (1991)과 Bullnheimer (1997)에서 비슷한 크기의

설비수에 대해 최적값으로 제시하는 α=1, β=2, ρ=0.9, Q=200, σ=5로 설정하였다.

4. 실험 및 평가

본 연구에서 제안하는 개미 알고리듬의 성능을 평가하기 위하여, 기존의 논문들에 소개되어 있는 문제 중 블럭단위 설비배치의 설비 개수가 5~30개인 문제들을 선정하여 실험하였다. 본 논문에서 제안한 개미 알고리듬을 이용한 결과를 기존의 다른 두가지의 유전자 알고리듬 응용결과와 비교 분석하였다. 제안된 개미 알고리듬은 펜티엄 4, 256RAM 환경에서 MATLAB을 이용하여 프로그래밍 되었다.

4.1 실험에 사용된 변수 및 명칭들의 정의

NCmax: 개미 사이클 최대 반복횟수
Blimit: 블럭의 가로 길이 상한값
σ: 엘리티스트 개미 수
ω: 순위가 고려된 우수한 개미 수 (σ-1)
η: 가시도(1/거리)
τ: 페르몬 강도
W: 흐름량 (각 설비간의 물자 흐름비중)
α: 페르몬 강도 조정 계수
β: 가시도 조정 계수
ρ: 페르몬의 증발 조정계수

모든 설비 개수에 대하여 다양한 매개변수조합들에 대해 몇차례의 예비실험후 얻어진 페러미터 조합에서 각 설비 개수별로 10회에 걸쳐 실험을 하여 그 평균 또는 빈도수가 높은 결과를 정리하였다. 설비 개수가 적은 5, 6, 7, 8, 9개인 경우에는 매개변수(α=1, β=2, ρ=0.9, σ=4, Blimit=35, NCmax=100)에서 거의 영향을 받지 않고 원활하게 최적해를 구할 수 있었으며, 설비 개수가 많은 경우인 10, 15, 20, 30개인 경우에는 σ=6, Blimit=50외에는 설비개수가 적은 경우와 같은 매개변수로부터 최적해에 근접한 우수한 해를 구할 수 있었다. 실험에 사용된 입력자료는 우성식 (1999)에 수록되어 있는 자료를 그대로 이용하였다.

4.2 설비개수 5~10개에서 제안된 배치기법의 실험 결과

표 1의 2, 3열의 값들은 총 이동거리를 뜻하고, 4번째 열은 각 열 블럭에 배치될 설비들의 번호로 정돈된 배치순서이다. 즉, 설비수 10인 경우의 총 이동거리는 개미 알고리듬과 우성식의 GA 알고리듬의 경우 모두 총 이동거리 1854를 최적해로 도출하였으며, 최적해의 배치순서는 첫 번째 블럭에 설비 1, 2, 5의 순으로 배치되고 두 번째 블럭에 설비 8, 7, 3, 6 순으로 세 번째 블럭에 설비 10, 9, 4의 순으로 배치됨을 의미한다. 표 1에서 보여주는 것과 같이 설비수가 10개미만인 경우까지는 개미 알고리듬이 기존의 연구 결과와 비교하여 동일하거나 더 나은 최적 해를 구할 수 있었다. 즉, 설비 개수 8의 경우는 기존의 연구에서 찾지 못한 더욱 개선된 최적 해를 구할 수 있었다.

<표 1> 설비개수 5~10개인 경우 개미알고리듬과 다른 기법과의 최적해 비교표

설비 개수	개미 알고리듬의 해	우성식의 해	최적해의 스트링
5	256	256	1-2-3/4-5
6	448	448	1-2-3/4-5-6
7	660	660	1-4-5/2-3-7-6
8	970*	982	1-2-5-8/7-4-6/3
9	1336	1336	1-2-5/8-7-3-6/4-9
10	1854	1854	1-2-5/8-7-3-6/10-9-4

4.3 설비개수 15~30개에서 제안된 배치기법의 실험 결과

설비의 개수가 15~30개의 경우에는 표 2에서 보여 주는 것처럼, 산출된 해가 최적해와 비교하여 차이가 있으므로, 도출된 해의 결과를 기존의 다른 기법들의 결과와 개선 정도를 비교 분석하였다.

개미 알고리듬 해의 결과가 기존에 수행된 연구 중 Tam의 알고리듬을 이용한 연구에 비하여 효율성이 평균적으로 약 15% 이상의 향상이 있음을 확인할 수 있으며, 우성식의 알고리듬에 비하여는 해의 질이 약간 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 그러나 구해진 해의 수준이 우성식의 해에 비하여

<표 2> 설비개수 15~30개에서 제안된 배치기법의 효율성 평가표

설비 개수	개미 알고리듬의 해	우성식의 해	Tam의 해	개미 알고리듬의 수행도 비교	
				우성식	Tam
15	5058	4560	6881	-11%	26%
20	11684	10943	13461	-7%	13%
30	25947	25246	27834	-3%	7%

평균적으로 93% 정도를 유지하면서, 유전자 알고리듬과는 달리 페러미터의 선정이 신속하게 이루어짐을 감안한다면 실제응용에서는 양자간의 trade-off가 가능할 것이다.

4.4 실험 결과 분석 및 평가

생산 제조 공정설계에서 가장 우선되어야할 의사결정인 설비배치계획 문제가 대량화 다양화되는 현 시점에서 신속하고 안정적인 근사 최적해의 도출은 매우 중요한 의미를 갖고 있다.

기존의 두 가지 GA 응용 최적 해를 찾는 과정을 살펴보면, 교배 연산자, 돌연변이 연산자 등의 선정이 최적해 탐색에 매우 민감하게 작용하여 잘못 선정된 매개변수는 최적 해와는 동 떨어진 해를 도출하는 심각한 단점을 갖고 있다.

그러나 개미 알고리듬을 이용하여 최적해를 탐색하는 과정에서는 설비의 개수에 상관없이 전반적으로 페러미터들에 대하여 민감하게 반응하지 않아 안정적으로 신속하게 최적해 또는 근사 최적해를 찾을 수 있었다.

5. 결론 및 추후 연구

개미 알고리듬을 이용해 제안된 방법은 기존의 연구 기법들에 비하여 해의 개선 효과가 탁월하지는 않다. 그러나 기존의 기법들과 비교하면 Tam의 알고리듬에 비하여는 전체적으로 최적해가 상당히 개선되어 있고, 우성식의 GA에 의해 도출된 해와 비교하면 설비 개수가 작은 상황에서는 최적해와 동일하거나 더 개선된 해의 결과를 보였고, 설비 개수가 많은 실험에서는 해의 질이 다소 떨어졌지만 여전히 최적해에 근접한 해를 구할 수 있었다.

개미 알고리듬의 가장 큰 우수성은 최적 페러미터의 조합을 얻기 위하여 요구되는 막대한 시행착오의 노력과 시간을 획기적으로 단축시키면서 안정적으로 신속하게 최적해에 근사한 해를 구할 수 있는 점이다. 개미 알고리듬을 설비배치 문제에 적용한다면 설비배치계획에 대한 기회가 더욱 잦아지고 배치비용의 비중이 더욱 중요해진 최근의 생산 제조 분야에서 신속하고 안정적인 최적해에 근사한 배치해를 제공받을 수 있을 것이다.

추후 연구되어야할 과제는 설비 개수가 많은 단위에서는 안정적인 최적해 주변 탐색은 이루어지나 보다 나은 해를 구하기 위해서는 보다 개선된 개미 알고리듬의 응용실험이 뒤따라야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 신현재, "체계적 설비배치에 관한 사례 연구" *KSQL 논문집*, 제 14권, 제 2호 (1986), pp 61-68.

[2] 우성식, "유전자 알고리듬을 이용한 블럭단위의 설비배치", 경희대학교 석사학위논문, 1997.

[3] 이명수, "유전 알고리즘을 이용한 설비배치 설계에 관한 연구", 부산대학교 석사학위논문, 1996.

[4] 이성열, 이월선, "개미 알고리듬을 이용한 설비배치계획", 대한산업공학회/한국경영과학회공동학술대회 발표논문집, 한동대학교, 2003. 5월.

[5] 이용욱, "Hybrid GA를 이용한 블럭단위의 최적설비배치에 관한 연구", 한국해양대학교 석사학위논문, 2001.

[6] 한성남, 이규열, 노명일, "개선된 유전자 알고리즘을 이용한 최적 공간 배치 설계에 관한 연구", *한국CAD/CAM학회 논문집*, 제 6권, 제 3호, (2001), pp 174-183.

[7] 홍관수, " 다수요인을 가진 설비배치문제를 위한 모형과 simulated annealing 알고리즘", *한국경영과학회지*, 제 20권, 제 1호, (1995), pp 63-83.

[8] Bullnheimer, B., Hartel, R. F. and Strauβ, C., "A New Rank Based Version of the Ant

System - A Computational Study," Working Paper No. 1, Department of Management of Science, University of Vienna, April (1997).
[9] Dorigo, M., Maniezzo, V. and Colorni, A., "Positive Feedback as a search strategy," ReportNo.91-016,Laboratoriodi Calcolatori, Dipartimento di Elettronica, Milano, Italy, (1991).
[10] Tam, K. Y. and Li. S. G., "A hierarchical approach tot he facility layout International *Journal of Production Research*, Vol. 29. 1991.
[11] Tam, K. Y, "Genetic Algorithms, Function Optimization and Facility Layout Design", *European Journal of Operations Research*, Vol. 63. (1992), pp. 322-346.

이 성 열 (Sung-Youl Lee)

- 종신회원
- 1977년 2월 인하대학교 기계공학과(공학사)
- 1985년 5월 택사스주립대학 산업공학과 (공학석사)
- 1988년 5월 노스다코타주립대학 산업공학과 (공학박사)
- 1988년 9월 - 현재 관동대학교 산업공학과/컴퓨터학과 교수
- 관심분야 : 메타휴리스틱 응용, CAPP

이 월 선 (Wol-Sun Lee)

- 1995년 2월 관동대학교 법학과 (법학사)
- 2003년 8월 관동대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2002년 3월 - 현재 관동대학교 생활관 조교
- 관심분야 : 메타휴리스틱 응용