

Simulated Annealing을 이용한 물류기지 확보와 최소비용 경로설정 Facility Location And Optimal Routing Based On Simulated Annealing

구동원, 김원경
경남대학교 산업공학과

Abstract

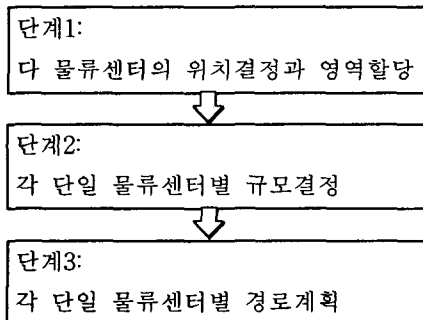
본 연구는 물류 개선이 시급하고, 전자상거래 등으로 인한 물류 거점의 확보가 중요시되고 있는 현실의 문제점을 개선하기 위해 Simulated Annealing 알고리즘을 제안한다. 이미 위치가 설정된 노드의 요구에 최소비용으로 원활히 대응하기 위한 다 물류센터의 최적 위치와 할당영역, 규모를 결정하고, 각 물류센터가 담당한 영역의 노드를 반드시 한번씩 경유하여 처음 위치로 돌아오는 최소비용의 경로를 탐색한다. 이러한 과정을 위해 두 개의 모델인 1) 다 물류센터의 위치결정과 통한 규모결정과 영역할당모델, 2) 경로계획모델을 개발한다. 거리산정방법과 물동량에 따른 가중치를 적용한 다양한 물류센터의 위치결정과 규모결정, 각 물류센터별 영역을 할당하여 단 물류센터의 문제로 만든 후 경로계획을 실시하여 최소비용의 경로(Tour)를 구하는 알고리즘을 개발하고 Sample을 적용한다.

1. 서론

1.1 연구의 개요

본 연구는 다 물류센터의 위치결정과 규모결정, 영역할당 및 최소비용의 경로를 구하기 위해 Visual Basic언어를 사용하였으며 다음과 같은 3단계의 접근방법을 사용하였다.

- 1) 2 물류센터의 위치결정을 통한 영역할당 알고리즘 개발
 - 2) 영역이 할당된 각각의 물류센터별 규모결정
 - 3) 영역이 할당된 각각의 단일 물류센터의 최소비용 경로계획 알고리즘의 개발
- 이러한 접근 방법을 구체적으로 <그림1>과 같이 도식화하였다.



<그림1> 3단계 접근모델의 개요

1.2 연구의 목적

노드의 요구에 대응하는 최소비용 물류거점의 확보 문제는 우체국의 위치문제, 소방서의 위치문제, 파출소의 위치문제, 작업장내 공통 지그나 공구의 위치문제 등의 많은 문제에 응용되고 있으며, 최소비용 경로문제 또한 우편 배달문제, 세일즈맨의 Tour문제, 순회자의 순회문제 등 실세계에서의 많은 문제에 응용되고 있다.

이러한 실세계의 최소비용 위치문제와 최소비용 경로문제는 각 문제 상호간에 밀접한 연관성을 가지는 문제들이 대부분을 차지하고 있으며, 서로 연관된 문제들은 하나의 문제로 통합하여 문제를 해결하는 것이 효과적이라고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 두 가지 문제점을 해결하기 위해 Simulated Annealing 기법을 사용하고, Visual Basic언어를 사용하여 알고리즘을 개발하고자 하였으며, 최소비용 위치문제와 최소비용 경로문제를 통합하여 하나의 문제로 만들어 해결하고자 시도하였다.

2. 최적위치 결정과 최소비용 경로설정

2.1 다 물류센터의 위치결정을 통한 영역할당 알고리즘 개발

다 물류센터의 위치결정과 영역할당

알고리즘은 각 수요지의 요구에 최소한의 비용으로 대응할 수 있는 물류거점의 위치를 결정하고 각 물류거점이 담당하는 영역을 할당하는 알고리즘으로 구체적인 접근 방법은 다음과 같다.

- ① 파일로부터 초기 두 개의 창고와 모든 수요지의 좌표 Data를 입력받는다.
- ② 수요지의 개수를 파악하여, 이를 할당하기 위한 동적 배열을 선언한다.
- ③ LP-Distance 방법을 사용하여 모든 수요지와 각 물류센터와의 거리를 계산한다.
거리계산 식으로는

$$d(x, y) = (|x - a_i|^p + |y - b_i|^p)^{\frac{1}{p}}$$
 를 사용한다.

여기서 $d(x,y)$ = 거리, (x,y) = 물류센터의 위치, (a_i, b_i) = 수요지의 위치이다. 그리고 일반적으로 p 의 값은 가중치의 개념으로 수요지의 수요량에 기인하며, 공급지의 위치에 따라 가변적인 실제 경로상의 가중치는 제외한다. 따라서 목적 함수는 $\text{Min } \sum d(x,y)$ 가 된다.

- ④ 다 물류센터와 다 수요지가 있으므로 각 물류센터별로 계산된 거리를 오름차순으로 정렬하여 물류센터에서 가장 가까운 거리의 수요지부터 각 물류센터에 할당한다.
- ⑤ 각 할당된 값으로 거리를 계산하고, Simulated Annealing을 이용하여 또 다른 해의 찾기를 반복한다.
- ⑥ 여기서 해의 근방은 정교함을 추구하기 위해 원형의 근방을 형성하고 기존의 하나의 난수에 의존해 나아가던 해 찾기를 개선해서 선택된 두 개의 근방 중 좋은 점을 찾아가도록 하였다. 그리고 국부 최소점에 빠지는 것을 막기 위해 쿨링스케줄과 예외 선택사항으로 수렴성이 입증되고, 약간의 비용상승을 허용하는데 확률을 도입한 Metropolis 기준을 사용하였다.
- ⑦ 약간의 개선된 해를 보인 회수와 실패한 회수를 계산하여 내부루프의 종료조건으로 정의하며, 내부루프의 종료조건이 충족되면 내부루프를 종료한다.
- ⑧ 내부루프가 종료되면 새로운 초기점을 난수를 사용해 설정하여 해 찾기를 계속하도록 하는

외부루프가 실행되며 외부루프도 일정수의 초기점 발생 후 종료하도록 한다.

- ⑨ 물류센터의 위치결정에서 결정된 물류센터의 위치와 각 물류센터가 점유한 노드를 상속받아 각 물류센터에 영역을 할당한다.

2.2 영역이 할당된 각 물류센터별 규모결정

- ① 각 물류센터가 점유한 노드를 상속받아 각 물류센터에 영역이 할당되고 나면, 다 물류센터 문제를 각각의 단일 물류센터 문제로 변환하고, 각 점유한 노드가 가지고 있는 수요량을 계산하여 각 단일 물류센터별 수요량을 충족시키기 위한 규모를 결정한다.
- ② 그리고 경로계획을 위해 각 단일 물류센터에 관련된 가중치를 고려한 수요지 좌표 값과 거리산정 값을 경로계획 알고리즘에 상속시킨다.

2.3 영역이 할당된 각각의 단일 물류센터의 최소비용 경로계획 알고리즘의 개발

경로할당은 이전 알고리즘의 결과 값을 상속받아 각 단일 물류센터에 할당된 영역을 순회하는 경로를 결정하는 부분으로

- ① 수요지의 위치를 상속받는다.
- ② 각 위치사이의 거리가 $n \times n$ 행렬(D_{ij})로 주어졌을 때 물류센터를 출발하여 n 개의 수요지를 모두 거친 후 다시 물류센터로 돌아오는 경로를 찾는다.
해의 이동은 형성된 경로 중 임의의 두 수요지를 선택하여 경로 상에서 위치를 교환하는 2-전이 방법을 사용한다.
이때 근방의 크기는 $n(n-1)/2$ 가 된다. 이렇게 하면 항상 가능해가 얻어지고, 해 이동후의 비용은 계산의 효율성을 기하기 위해 변화된 비용 크기만을 고려하며, 그 개념을 식으로 표현하면 다음과 같다.

- 선택된 노드 : p_0
 - 선택된 노드의 바로 전 노드: $p-1$
 - 선택된 노드의 바로 다음 노드: $p+1$
 - 옮겨질 위치 : q_0
 - 옮겨질 위치의 바로 전 노드: $q-1$
 - 옮겨질 위치의 바로 다음 노드: $q+1$
- $$\Delta f = -D(p-1, p_0) - D(p_0, p+1) + D(q-1, p_0) + D(p_0, q+1)$$

3. 모델의 응용

본 모델의 응용을 위해 제품 공급계획의 문제로 본 모델을 적용하였다. 결정하고자 하는 위치가 알려지지 않은 물류거점은 두 개로 하고 입력한 데이터는 표 1과 같다.

표 1. 입력 데이터

노드번호	수요지 좌표	수요량
1	(3, 22)	30
2	(38, 40)	20
3	(2, 38)	20
4	(26, 2)	30
5	(33, 18)	20
6	(31, 25)	40
7	(21, 28)	40
8	(8, 32)	50
9	(38, 12)	40
10	(26, 1)	30
11	(45, 3)	50
12	(6, 9)	40
13	(19, 17)	20
14	(25, 19)	20
15	(46, 46)	30
16	(15, 33)	20
17	(46, 2)	20
18	(11, 40)	40
19	(46, 33)	30
20	(15, 47)	20
* 초기 물류거점1 좌표 (46, 30)		
* 초기 물류거점2 좌표 (26, 14)		
* P Value 1		

표 1과 같은 데이터를 Simulated Annealing을 이용해 개발한 알고리즘에 입력하여 실행한 결과 내부루프 Count에 5를 주고 외부루프 Count에 10을 준 결과 표 2와 같은 결과를 얻을 수 있었으며 결과를 가시적으로 그림 1과 같이 출력하였다.

표 2. 알고리즘 수행 결과

물류거점위치	경로	규모
(26.4, 32.5)	0-2-19-15-6- -16-20-18-3- -8-7-0	310 단위
(28.9, 12.6)	0-4-10-11-17 -9-14-5-13-1 -12-0	300 단위

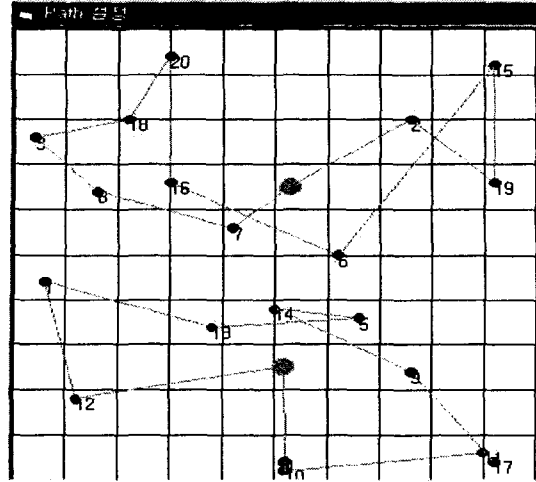


그림 1. 물류거점 확보와 순회 결과

4. 결론 및 추후 연구과제

본 연구는 물류 개선이 시급하고, 전자상거래 등으로 인한 물류 거점의 확보가 중요시되고 있는 현실의 문제점을 개선하기 위한 최소비용 거점과 최소비용 경로를 결정하는 알고리즘을 보였다. 국부 최적해가 아닌 전역 최적해를 구하기 위해 Simulated Annealing 기법의 쿨링스케줄과 수렴성이 입증된 Metropolis 기준을 적용하여 Visual Basic언어로 이를 구현하였다.

이러한 과정을 위해 두 개의 모델인 1) 다 물류센터의 위치결정을 통한 규모결정과 영역할당, 2) 경로계획모델을 개발하였으며, 난수 발생기를 통해 생성된 Data를 사용하여 Sample로 실행해 보았으며, 최소비용 위치결정과 영역할당, 그리고 규모와 최소비용 경로를 효과적으로 얻을 수 있었다.

노드의 요구에 대응하는 최소비용 물류거점의 확보 문제는 우체국의 위치문제, 소방서의 위치문제, 파출소의 위치문제, 작업장내 공통 지그나 공구의 위치문제 등의 많은 문제에 응용되고 있으며, 최소비용 경로문제 또한 우편 배달문제, 세일즈맨의 Tour문제, 순찰자의 순회문제 등 실세계에서의 많은 문제에 응용되고 있다.

이러한 실세계의 최소비용 위치문제와 최소비용 경로문제는 각 문제 상호간에 밀접한 연관성을 가지는 문제들이 대부분을 차지하고 있으며, 대표적인 NP-Complete 문제들이다.

본 연구의 예에서 하나의 최소 비용점이 아닌 2개의 최소비용점의 위치를 결정함으로써 다수개의

최소 비용점의 결정에 대한 아이디어를 제공하고, 기존에 개별적으로 이루어져왔던 서로 연관된 문제들을 하나의 문제로 통합하여 해결함으로써 보다 효율적인 개선책을 얻는 효과가 있을 것으로 사료된다.

앞으로 본 연구에서 가정으로 남긴 실제 경로의 상황 등을 고려한 문제들의 해결과 실제 Data를 이용한 사례연구, 그리고 보다 효율적인 쿨링스케줄과 예외허용 기준의 수립을 추후 연구과제로 남긴다.

참고문헌

- [1] 横山隆一·奈良宏一·佐藤晴夫·鈴木昭男
萩本和彦·陳洛南, "モダヒューリスティックス
ー組合せ最適化の先端手法", 日刊工業新聞社,
1997.
- [2] 김여근·윤복식·이상복, "메타 휴리스틱",
영지문화사, 1999
- [3] S.Kirkpatrick·C.D.Gellat·M.P.Vecchi,
"Optimization by Simulated Annealing", Science,
220, 1983.
- [4] V.Cerny, "A thermodynamical approach to the
travelling salesman problem an efficient
simulation algorithm", J.of Optimization
Theory and Applic, 45, 1985.
- [5] E.H.L.Aarts·J.H.M.Korst, "Simulated
Annealing and Boltzmann machines,
Wiley.Chichester, 1989
- [6] B.Hajek, "Cooling schedules for optimal
annealing", MOR, 13, 1988