

▣ 응용논문

판매물류시스템 설계상 Depots 입지선정의 유연성 분석  
**A Flexibility Analysis of Depots Location  
 Considering Physical Distribution Design**

강인선\*  
**Kang Inseon**

**Abstract**

In logistics decision making, Key elements in the design of any physical distribution are the location of depots and the distribution of goods from the depots to the customers. Considering open and close the depots, This paper presents a flexible analysis on the combined location-routing problem(LRP) the case for variation capacity of vehicle and customers demands each. The scenario examples are given the use of heuristic(Saving-Drop) in LRP types. The results is useful in apply to the logistics environment changes.

**1. 서론**

공급체인관리(SCM: Supply Chain Management)시스템 구축 과정에서 우선적으로 해결해야 될 과제는 Depot(창고 또는 물류센터)와 수송기능간의 연관관계이다. 판매물류관리(physical distribution)는 이들 두 기능의 통합을 통해 더 빠르고, 확실한 수송방법을 이용함으로써 더 효율적인 Depot 운용을 기대할 수 있다. 이러한 배경은 보다 나은 고객서비스와 적정 물류비용을 구현하기 위함이며 이를 위해 Depot 입지의 최적화가 요구된다. 특히 글로벌 물류 네트워크를 구축할 경우 몇 개의 Depot를 어디에 입지할 것이며, 어떤 운송수단(공로, 해상, 항공, 파이프라인 등)을 이용하며, Depot 처리능력은 어느 정도 규모로 할 것인가 그리고 어느 Depot가 어떤 유형의 고객과 상품 및 주문을 담당할 것인가 등이 기업 물류에서 주요 결정사항이 되고 있다.

이와 관련된 Depot 입지선정(location)문제와 차량경로(vehicle routing)문제는 상호 연관성이 존재하는데도 불구하고 이에 대한 수리적 모형의 계산량(time complexity)이 NP Complete이기 때문에 주로 수학적 모형 설정은 서로 독립적으로 관점에서 주로 다루어 왔다.

이러한 배경에서 통합적 접근 방법인 Depot 입지선정과 차량순회문제(LRP: Location-Routing Problem)는 Or & Pierskalla[10], Jacobsen & Madsen[6], Nambier et al[9], Laporte & Nobert, Madson[7] 등에 의하여 다양한 연구[5, 8]가 진행되어 왔으며 이와 관련한 물류네트워크를 통합적으로 설계 및 계획을 통한 DSS의 개발[2], 유전알고

\* 전주대학교 공학부 산업공학전공

이 논문은 1999년도 전주대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

리듬을 이용한 차량운행문제[3, 4]등 다양한 연구가 있다. 본 연구 목적은 Depot 입지선정과 차량경로를 결합한 통합된 관점에서 동시에 다루는 발견적 알고리즘(heuristic algorithm)을 통하여 차량 적재용량과 수요량의 변화를 통하여 Depot입지 개설 또는 폐쇄 시나리오에 따른 적용 사례를 제시하고자 한다. 이는 전체 물류시스템에 미치는 영향을 고려하여 Depot 후보지를 선정한 이후 기업환경 변화(영업확대 또는 축소 등)에 따라 기존 Depot를 통합 내지는 분할을 해야 되는 유연성 있는 전략적 의사결정이 필요하다.

### 2. Depot 입지선정 및 차량경로문제(LRP)

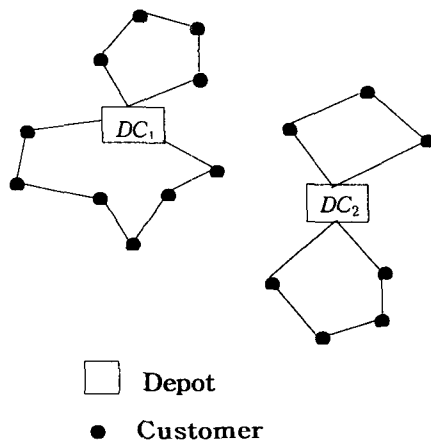
Depots 입지선정 및 차량경로문제(LRP)는 Laporte, Perl, Srivastava 그리고 Or과 Pierskalla가 관심을 갖고 다루어 왔다. 이들 모형을 비교해 보면 목적함수식의 비용함수 요소 종류 및 특정 제약식 완화 또는 수정에 따라 다소 차이는 있으나 동일한 원칙하에 유사한 모형으로 볼 수 있다. Laporte가 제시한 LRP모형은 목적함수식 비용요소와 제약 조건식 일부를 수정하여 최적해를 구하였다.

표 1. LRP의 발견적 알고리즘 연구접근

Author	Heuristic Algorithm		
	L A R	A R L	Other
(1) Watsen-Gandy & Dohrn[[8] (2) Or & Pierskalla[10] (3) Jacobsen & Madsen[6] (4) Srivastava[13] (5) Nambiar et al [9] (6) Perl & Daskin [12]	● ● ●(ALA-SAV)	●(SAV-DROP) ●	● ●

(주) LAR: Location-Allocation-Routing  
 ARL: Allocation-Routing-Location

본 연구에서 다루는 LRP문제의 발견적 알고리즘 가정은 다음과 같다.  
 (1)물류 네트워크는 1단계(Depot-수요지)이며 수요량은 확정적이다.<그림 1>  
 (2)각 차량은 하나의 경로에만 배정되며, 모든 물류차량은 반드시 배정된 Depot에서 출발하여 각 수요지를 순회 방문한 후 출발지로 귀환한다.

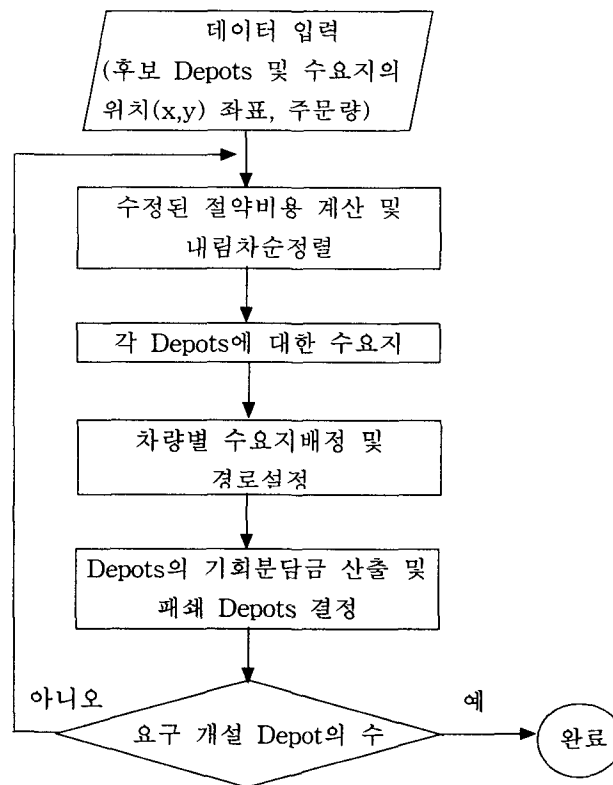


<그림 1> 1단계 판매물류(single-stage)의 LRP

<그림 2>는 발견적 알고리즘의 절차로서 모든 후보 Depot가 개설되었다고 가정하고, Depot를 하나씩 차례로 제거시켜 가면서 더 이상의 비용 절감이 발생하지 않으면 폐쇄 절차를 완료한다. 이는 통합이 요구되는 경우 폐쇄하여야 할 Depot의 수를 결정할 수 있다.

본 연구에서 다루는 유연성 분석에 적용한 알고리즘은 ARL절차에 의하여 단계적으로 수행되며 초기에 Depot 후보지를 전부 개설하여 단계적으로 기여도가 적은 Depot를 하나씩 차례로 폐쇄시켜 나간다. 반복 수행하는 과정에서 요구하는 Depot 수에 도달할 경우 알고리즘 절차는 끝난다. 다수 Depots를 고려한 Tillman[14]의 수정된 절약 알고리즘을 이용하여 기존의 SAV-DROP 알고리즘을 확장한 것으로 다음과 같은 점에서 기존 해법과 차이점을 두고 있다.[1]

- (1) Depot 최대출하능력을 고려하여 수요지를 배정하며,
- (2) 수요지 차량배정 방법은 수요지간의 인접성을 우선적으로 고려하며,
- (3) 차량순회 방식은 최대절약 경로알고리즘을 적용한다.



<그림 2> 발견적 알고리즘 흐름도

### 3. Depot 입지 및 차량경로설정의 유연성 분석

다수 Depot 후보지중에서 Depot 개설 또는 폐쇄에 따른 차량 경로 변화를 분석하였다. 물류전략면에서 요구되는 Depot수가 개설될 때까지 경로순회 수정과 Depot 폐쇄 과정을

반복 수행한다. 적용 사례는 Perl이 다룬 테스트 문제를 사용하였으며 수요지 수는 85개, Depot 후보지 7개, 차량 적재용량은 240단위, 지역별 수요량은 20단위 그리고 운송비는 거리당 비례하게 설정하였다. 여기서 차량 적재용량의 변화, 특정 수요지에 대한 주문량 변동에 따라 판매물류설계상의 전략을 대응할 수 있도록 하였으며 <표 2>는 이를 종합적으로 정리한 것이다. 여기서 Depot 개설수에 따라 소요차량대수, 총 운행거리, Depot별 물동량 등을 파악할 수 있으며 기업이 고려하는 물류서비스 수준 설정 차원에서 Depot 수를 결정할 위한 다양한 유연성 분석을 할 수 있다.

①운송차량의 적재 용량 변화(시나리오 A)

기업은 물류전략면에서 기존의 차량 적재용량에 대하여 감소 또는 증대를 검토해야 할 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우 현행 배송시스템의 운행방법에 대하여 어떠한 변화가 생길 것인가를 분석할 필요가 있다. 이를 시나리오 A라 가정할 때 차량 적재용량 160단위에서 240단위로 변경되고 Depot의 수4개가 개설된 경우 <표 3>의 물류지표를 살펴보면 총 소요차량운행수 9대, 총배송거리 549Km, 적재용량 2,120 Unit, 물동량 107,340 Unit·Km이다. <그림 3>은 개설된 Depot 1, 2, 4, 6를 중심으로 배정된 수요지에 대한 차량별 경로를 나타낸 것이다. 이를 통해 배송해야 될 수요지별 지리적 여건을 신속히 파악할 수 있으며 전반적으로 준비작업시간이 단축된다. 이 경우 중형컴퓨터를 이용할 경우 CPU는 4.03~5.43초 이며 개설된 Depot의 수에 따라 배송시스템의 변화 상황을 알 수 있다.

②특정 수요지에 대한 주문량 변동(시나리오 B)

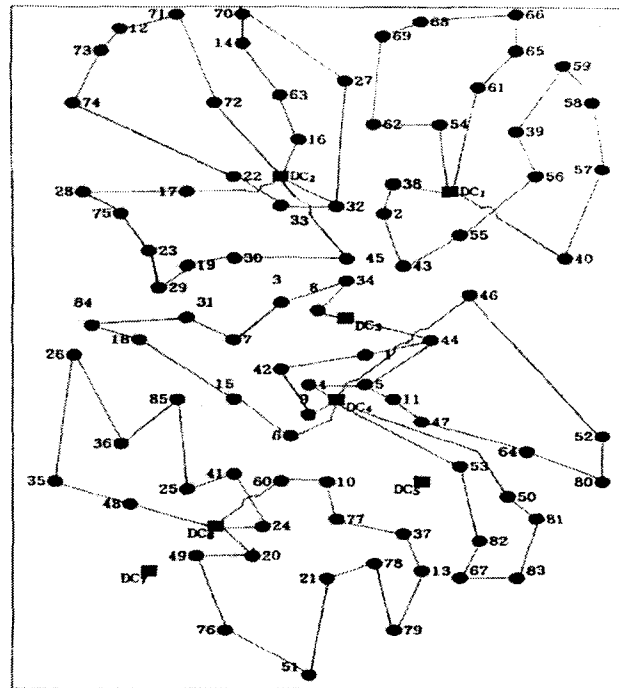
각 Depot는 현재의 수요뿐만 아니라 장래의 수요에 대하여 대응할 수 있도록 지속적인 주문량 관리가 필요하다. 그러나 실제로 수요예측은 물류시스템에서 불확실한 요소이므로 유연성 분석을 통한 대응이 필요하다. 이를 시나리오 B라 가정하여, 특정 수요지 21개에 대해서만 주문량을 20단위에서 40단위로 증가할 경우, Depot수 4개가 개설된 상황을 고려할 때 <표 4>의 물류지표를 살펴보면 총차량운행수는 15대, 적재용량 2,120Unit, 총배송거리 584Km, 물동량 90,140 Unit·Km이며, <그림 4>도 개설된 Depot를 중심으로 배정된 수요지에 대한 차량 경로를 나타낸 것으로 전체 수요지에 대해 할당된 Depot를 파악할 수 있어 Depot 거점의 통합 내지는 분할에 대하여 전략적 차원에서 의사 결정을 신속하게 할 수 있으며 이 경우 CPU는 3.55~5.23초이다. 이상과 같이 물류환경의 변화에 적극 대응하기 위하여 활용할 경우 유용할 것으로 사료된다.

<표 2> 시나리오 A, B에서 개설 Depot에 대한 지표

		개설 Depots의 개수						
		1	2	3	4	5	6	7
A	차량대수	8	8	9	9	10	10	11
	총 운행거리	602	585	557	549	531	516	529
	물동량	131,600	128,560	106,500	107,340	98,060	94,280	90,060
B	차량대수	14	14	14	15	14	16	17
	총 운행거리	750	674	629	584	573	553	551
	물동량	11,640	103,000	97,580	90,140	84,380	79,290	80,580

<표 3> 시나리오 A의 경우 개설 Depot의 지표

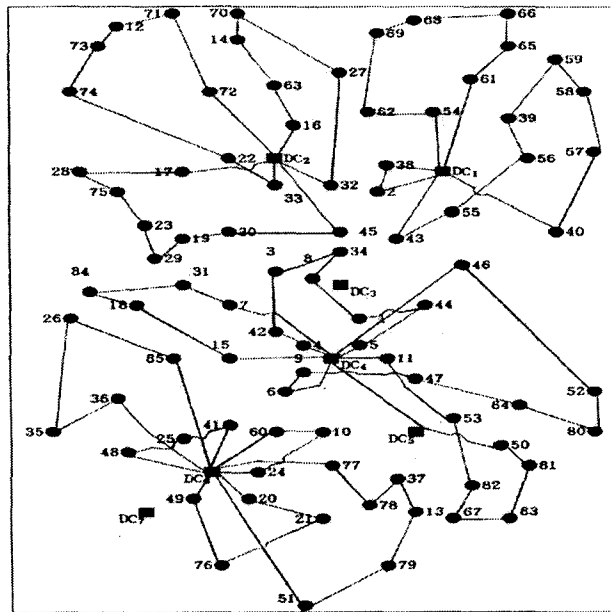
Depot	차량구분	차량 경로	적재용량	운송거리	물동량
DC <sub>1</sub>	1	61-65-66-68-69-62-54	140	41	5,740
	2	40-57-58-59-39-56-55-43-2-38	200	66	13,200
	소계		340	107	18,940
DC <sub>2</sub>	1	32-33-22-74-73-12-71-72-16	180	53	9,540
	2	17-28-75-23-29-19-30-45-27-70-14-63	240	82	19,680
	소계		420	135	29,220
DC <sub>4</sub>	1	50-81-83-67-82-53	120	51	6,120
	2	46-52-80-64-47-11-4-9-5	180	61	10,980
	3	6-15-18-84-31-7-3-34-8-1-44-42	240	67	16,080
	소계		540	179	33,180
DC <sub>6</sub>	1	48-35-26-36-85-25-41-24	160	59	9,440
	2	60-10-77-37-13-79-78-21-51-76-49-20	240	69	16,560
	소계		400	128	26,000
합계			1700	549	107,340



<그림 3> 시나리오 A의 경우 개설 Depot의 차량경로

<표 4> 시나리오 B의 경우 개설 Depot의 지표

Depot	차량구분	차량 경로	적재용량	운송거리	물동량
DC <sub>1</sub>	1	61-65-66-68-69-62-54	140	41	5,740
	2	40-57-58-59-39-56-55-43	160	61	9,760
	3	2-38	40	11	440
	소계		340	113	15,940
DC <sub>2</sub>	1	33-22-74-73-12-71-72	140	43	6,020
	2	17-28-75-23-29-19-30-45	160	49	7,840
	3	32-27-70-14-63-16	120	42	5,040
	소계		420	134	18,900
DC <sub>4</sub>	1	50-81-83-67-82-53-11	140	51	7,140
	2	46-52-80-64-47-9-6	180	64	11,520
	3	15-18-84-31-7	160	38	6,080
	4	4-42-3-34-8-1-44-5	160	34	5,440
	소계		640	187	30,180
DC <sub>6</sub>	1	85-26-35-36	160	49	7,840
	2	51-79-13-37-78-77	160	52	8,320
	3	49-76-21-20	160	29	4,640
	4	48-25-41	120	20	2,400
	5	60-10-24	120	16	1,920
	소계		720	150	25,120
합계			2120	584	90,140



<그림 4> 시나리오 B의 경우 개설 Depot의 차량경로

#### 4. 결론

통합된 입지선정 및 차량경로문제(LRP)는 공급체인관리(SCM)시스템 구축에서 중요한 역할을 한다. 판매물류(physical distribution)시스템은 이들 두 기능의 효율적인 통합을 통해 더 효율적인 Depot 운용을 기대할 수 있다. 이는 기업의 관점에서 고객서비스 만족과 적정한 물류비용지출을 구현하기 위한 물류경영전략의 핵심 사항이다. 세계화 추세로 국제물류시대가 도래하고 있는 기업 환경은 물류센터의 운영 개수, 입지조건, 운송수단의 선택 및 운영, 물류센터 처리능력, 물류센터별 고객관리와 상품 및 주문방식의 특성화 등이 종합적인 논의 대상이 된다. 본 연구는 입지선정 문제와 차량경로문제(LRP)를 통합된 관점에서 2가지 시나리오 즉 차량 적재용량과 수요량의 변화에 따른 Depot입지의 개설 및 폐쇄를 통한 판매물류시스템의 Depot와 수요지간의 차량 경로의 변화 패턴을 파악할 수 있는 유연성 분석하였다.

#### 참고문헌

1. 강인선, "입지선정 및 차량경로문제", *공업경영학회*, Vol. 19, No. 30, pp. 263-270, 1996.
2. 박양병, 물류네트워크설계 및 계획을 위한 의사결정시스템에 관한 연구, *IE Interfaces*, Vol. 13, No. 4, pp. 627-638, Dec. 2000.
3. 유용석, 노인규, "병렬 유전자 알고리즘을 이용한 차량경로문제에 관한 연구, *대한산업공학회지*, 제 25권, 제4호, 1999. 12.
4. 황홍석, 류정철, "시간제한을 가지는 다물류센터의 최적차량운송계획모델, *대한산업공학회/한국공업경영학회*, '99 추계공동학술대회 논문집(Session C08.5).
5. Avella et al. "Some personal views on the current state and the future of Locational Analysis", *European Journal Operational Research*, 104, pp. 269-287, 1998.
6. Jacobsen, S. K., Madsen, O.B.G., "A comparative study of heuristics for a two level routing -location problem", *European Journal Operational Research*, 5, pp. 378-387, 1980.
7. Laporte, G., "Location-Routing Problems", In *Vehicle Routing: Methods and Studies*, pp. 163-198, B. L. Golden and A. A. Assad(eds.), North-Holland, Amsterdam, 1988.
8. Min Hokey, Vaidyanathan Jayaraman, Rajesh Srivastava, "Combined location-routing problem: A synthesis and future research directions", *European Journal Operational Research*, 108, pp. 1-15, 1998.
9. Nambiar, J.M., Gelders, L.F., Van Wassenhove, L.N., "A large scale location-allocation problem in the natural rubber industrial.", *European Journal Operational Research*, 6, pp. 183-189, 1981.
10. Or, I. and Pierskalla, W.P., "A Transportation Location-Allocation Model for Regional Blood Banking", *AIIE Transaction*, Vol. 11, No. 2, pp. 86-95, 1979.
11. Owen Susan Hesse, Daskin Mark S., "Strategic facility location: A review", *European Journal Operational Research*, 111 pp. 423-447, 1998.
12. Perl, J. and Daskin, M.S., "A Warehouse Location-Routing Problem", *Transportation Research B*, Vol. 19, No. 5, pp. 381-396, 1985.
13. Srivastava, R. and Benton, W.C., "The Location-Routing Problem:

Consideration in Physical Distribution System Design", *Computers & Operations Research*, Vol. 17, No.5, pp. 427-435, 1990.

14. Tillman, F. A., "The Multiple Terminal Delivery problem with Probabilistic Demands", *Transportation Science*, Vol. 3, pp. 192-204, 1969.