

物流서비스를 考慮한 輸送-配置問題에 관한 研究 - Distribution-Location Problem with Physical Distribution Service -

康 仁 善*
尹 德 均**

ABSTRACT

The physical distribution service(PDS) is essential to evaluate the business logistics system. The PDS combines the inventory service with the lead time to deliver.

This paper is presented to model Mixed Zero-One integer programming which is to determine distribution center location and to allocation products, considering delivery lead time, from given candidate locations to given customer markets.

A numerical example is given to demonstrate the applicability of Mixed Zero-One integer programming for Distribution-Location problem.

1. 서론

製品の 多品種少量化가 두드러짐에 따라 企業의 物流活動은 小Lot 多頻度發注, 短納期, 定時納入 같은 새로운 物流서비스水準에 對應하기 위한 方向으로 物流시스템의 變化가 일어나고 있다. 즉 物의 場所的, 時間的 効用創出을 위해 需要가 있는 場所 및 時期에 物을 신속배달하므로서 제품의 가치를 높이는데 있다.

이러한 과정에서 企業의 물류전략요체는 物流서비스의 달성도 관리와 物流코스트管理의 두가지 측면에 관심이 모아지고 있다. 物流에 대한 구미, 일본 등 선진국의 연구동향을 살펴보면 物流근대화 초기단계에서는 물류코스트연구가 선행되어왔으나, 최근에는 물류서비스 고도화추세로 企業환경이 변화되면서 고객서비스(customer service)라는 명칭으로 광범위하게 연구되고 있다. [3, 4, 6]

물류서비스는 물류개별시스템(수송, 보관, 포장, 하역, 유통가공, 정보 등)의 최종출력요소로서 이것을 통해 顧客에게 실제 제공되는 경제활동을 창출하게된다.

이러한 관점에서 본 연구는 종래의 창고입지선정문제에서 주로 논의되는 창고시설고정비,수송거리 및 수송비용등 [1,5]의 평가요소외에 물류서비스구성요소(배송리드타임)를 고려한 물류센타입지선정 및 수배송할당량을 결정하는 혼합 0-1 정수계획법유형인 生産-輸送문제를 모형화하였으며 수치사례를 통해 해법의 유효성을 제시하였다.

2. 수송-배치문제모형

본모형은 다음과 같은 假定下에서 定式化된다.

- 1) J個의 물류센타후보지가 설정되어 있으며, 단일계획기간을 기준으로 하여 수요와 공급의 예측치는 확정적이다.
 - 2) 流通經路는 2段階모형으로 複數品目の 형태이며, 費用要素는 輸送費, 配送費, 물류센타開設로 인한 變動費(運營費포함) 및 固定費로 구분되며 함수관계는 선형이다.
- 本 研究의 輸送 및 配送흐름은 그림 1과 같으며 모형수립에서 사용하는 기호는 다음과 같다.

*漢陽大學校 産業工學科 大學院

**漢陽大學校 産業工學科 教授

접수: 1991. 4. 29.

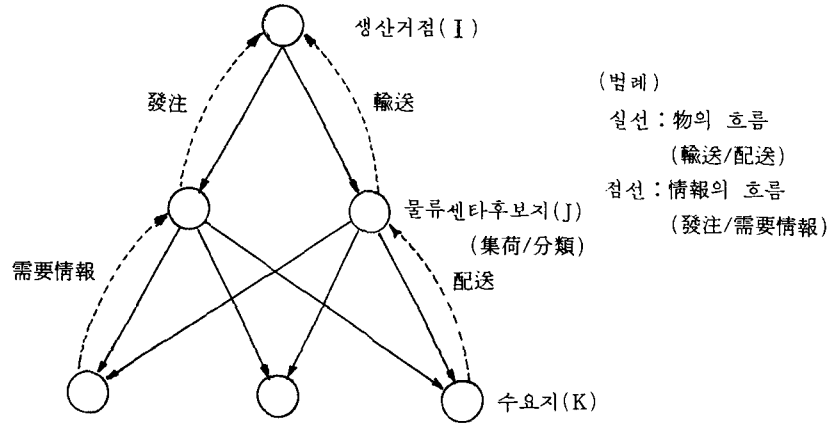


그림 1. 2단계 수송-배치문제의 물류네트워크모델

(記號 說明)

- I : 생산거점 인덱스(Index) (i=1, 2, ..., I)
- J : 물류센터후보지 인덱스 (j=1, 2, ..., J)
- K : 수요지 인덱스 (k=1, 2, ..., K)
- M : 제품 인덱스 (m=1, 2, ..., M)
- S_i : 생산거점 i의 생산공급능력상한
- F_j : 물류센터 j의 設置費用(건설비용과 관리비용 등 고정비포함)
- V_j : 물류센터 j에 대한 단위통과량당 운영비용(변동비)
- b_{jkm} : 제품 m에 대하여 물류센터 j에서 수요지 k로 보내는데 소요되는 제품단위당 물류센터능력
- C_{ijm} : 제품 m에 대하여 생산거점 i에서 물류센터 j까지 단위제품당 수송비용
- \bar{C}_{jkm} : 제품 m에 대하여 생산거점 j에서 수요지역 k까지 단위제품당 배송비용
- d_{km} : 수요지역 k에서 제품 m의 수요량
- t_{jkm} : 제품 m에 대하여 물류센터 j에서 수요지역 k까지의 배송리드타임(Lead time)
- T_{km} : 제품 m에 대하여 수요지 k의 목표배송리드타임
- x_{ijm} : 제품 m에 대하여 생산거점 i에서 물류센터 j까지의 수송량
- y_{jkm} : 제품 m에 대하여 물류센터 j에서 수요지역 k까지의 배송량
- Z_j : $\begin{cases} =1, & \text{물류센터 } j \text{를 설정할 경우} \\ =0, & \text{물류센터 } j \text{를 설정하지 않는 경우} \end{cases}$
- U_j : 물류센터 j의 배송능력상한

本 輸送-配置問題는 다음과 같이 혼합 0-1 정수계획법으로 정식화된다.

(목적함수)

$$\text{Min } Q = \sum_{j=1}^J (F_j Z_j + V_j \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M b_{jkm} \cdot y_{jkm}) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M C_{ijm} \cdot x_{ijm} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \bar{C}_{jkm} \cdot y_{jkm}$$

(제약식)

1) 생산거점 i의 생산능력

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M x_{ijm} \leq S_i \quad (i=1, 2, \dots, I)$$

2) 물류센터 j의 제품수송량과 배송량의 일치

$$\sum_{i=1}^I x_{ijm} = \sum_{k=1}^K y_{jkm} \quad (j=1, 2, \dots, J; \quad m=1, 2, \dots, M)$$

3) 수요지역별 수요량대응(수요서비스)

$$\sum_{j=1}^J y_{jkm} = d_{km} \quad (k=1, 2, \dots, K; \quad m=1, 2, \dots, M)$$

4) 제품별 · 수요지역별 목표리드타임 설정

$$\sum_{j=1}^J t_{jkm} \cdot y_{jkm} / d_{km} = T_{km} \quad (k=1, 2, \dots, K; \quad m=1, 2, \dots, M)$$

5) 물류센터 j의 배송능력상한

$$\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M y_{jkm} = U_j Z_j \quad (m=1, 2, \dots, M)$$

$$x_{ijk}, y_{jkm} \geq 0, Z_j = 0 \text{ or } 1$$

3. 수치예제

S社は 생산거점 2개지역 (I=2), 물류센터후보지 5개지역 (J=5), 수요지 3개지역 (K=3), 생산제품 2종류 (M=2)에 대한 물류시스템의 합리화를 위해 물류센터후보지선정 및 수·배송경로별 물동량을 구하고자 한다. 이를 위한 생산거점별, 물류센터별, 수요지역별 및 제품별관련자료는 다음과 같다.

1) 수송경로별

i	m	j=1	2	3	4	5	S _i
1	1	x ₁₁₁ (5)	x ₁₂₁ (7)	x ₁₃₁ (4)	x ₁₄₁ (5)	x ₁₅₁ (2)	400
	2	x ₁₁₂ (2)	x ₁₂₂ (5)	x ₁₃₂ (5)	x ₁₄₂ (4)	x ₁₅₂ (3)	
2	1	x ₂₁₁ (3)	x ₂₂₁ (4)	x ₂₃₁ (2)	x ₂₄₁ (6)	x ₂₅₁ (4)	500
	2	x ₂₁₂ (4)	x ₂₂₂ (6)	x ₂₃₂ (3)	x ₂₄₂ (7)	x ₂₅₂ (5)	

(주) 괄호안의 숫자는 수송비용을 표시함.

2) 배송경로별

j	m	k=1	2	3	F _j	V _j
1	1	y ₁₁₁ (2/1/12)	y ₁₂₁ (3/1/18)	y ₁₃₁ (3/1/18)	450	5
	2	y ₁₁₂ (4/2/28)	y ₁₂₂ (2/1/14)	y ₁₃₂ (5/2/15)		
2	1	y ₂₁₁ (6/3/12)	y ₂₂₁ (7/3/14)	y ₂₃₁ (3/2/6)	600	7
	2	y ₂₁₂ (5/3/15)	y ₂₂₂ (6/3/18)	y ₂₃₂ (4/2/12)		
3	1	y ₃₁₁ (5/2/25)	y ₃₂₁ (4/2/20)	y ₃₃₁ (3/2/15)	400	4
	2	y ₃₁₂ (4/2/20)	y ₃₂₂ (6/3/30)	y ₃₃₂ (2/1/10)		
4	1	y ₄₁₁ (7/3/21)	y ₄₂₁ (5/2/15)	y ₄₃₁ (6/3/18)	500	6
	2	y ₄₁₂ (6/3/12)	y ₄₂₂ (5/2/10)	y ₄₃₂ (6/3/12)		

4 康仁善 · 尹德均

5	1	y_{511} (4/2/20)	y_{521} (3/1/15)	y_{531} (4/2/10)	550	5
	2	y_{512} (5/2/20)	y_{522} (4/2/16)	y_{532} (2/1/8)		
d_{km}	1	200	250	50	-	
	2	150	200	20		

(주) 괄호안 숫자는(배송비용/배송리드타임/물류센타소요공수)

(목적함수식)

$$\begin{aligned} \text{Min } Q = & 450Z_1 + 600Z_2 + 400Z_3 + 500Z_4 + 550Z_5 \\ & + 5x_{111} + 7x_{121} + 4x_{131} + 5x_{141} + 2x_{151} \\ & + 2x_{112} + 5x_{122} + 5x_{132} + 4x_{142} + 3x_{152} \\ & + 3x_{211} + 4x_{221} + 2x_{231} + 6x_{241} + 4x_{251} \\ & + 4x_{212} + 6x_{222} + 3x_{232} + 7x_{242} + 5x_{252} \\ & + 62y_{111} + 93y_{121} + 93y_{131} + 144y_{112} + 72y_{122} + 80y_{132} \\ & + 90y_{211} + 105y_{221} + 45y_{231} + 110y_{212} + 132y_{222} + 88y_{232} \\ & + 105y_{311} + 84y_{321} + 63y_{331} + 84y_{312} + 126y_{322} + 42y_{332} \\ & + 126y_{411} + 95y_{421} + 114y_{431} + 78y_{412} + 65y_{422} + 78y_{432} \\ & + 104y_{511} + 78y_{521} + 104y_{531} + 105y_{512} + 84y_{522} + 42y_{532} \end{aligned}$$

(제한식)

1) 생산거점별 생산능력상한

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^5 x_{1j1} + \sum_{j=1}^5 x_{1j2} &= 400 \\ \sum_{j=1}^5 x_{2j1} + \sum_{j=1}^5 x_{2j2} &= 500 \end{aligned}$$

2) 물류센타 j의 제품수송량과 배송량의 일치

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^2 x_{i11} &= \sum_{k=1}^3 y_{1k1} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i12} &= \sum_{k=1}^3 y_{1k2} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i21} &= \sum_{k=1}^3 y_{2k1} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i22} &= \sum_{k=1}^3 y_{2k2} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i31} &= \sum_{k=1}^3 y_{3k1} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i32} &= \sum_{k=1}^3 y_{3k2} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i41} &= \sum_{k=1}^3 y_{4k1} \\ \sum_{i=1}^2 x_{i42} &= \sum_{k=1}^3 y_{4k2} \end{aligned}$$

3) 수요지점별, 제품별 수요량

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^5 y_{j11} &= 200 \\ \sum_{j=1}^5 y_{j12} &= 180 \\ \sum_{j=1}^5 y_{j21} &= 250 \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^5 y_{j22} = 200$$

$$\sum_{j=1}^5 y_{j31} = 50$$

$$\sum_{j=1}^5 y_{j32} = 20$$

- 4) 제품별, 수요지역별 배송리드타임
- $$(y_{111} + 3y_{211} + 2y_{311} + 3y_{411} + 2y_{511}) / 200 \leq 2$$
- $$(2y_{112} + 3y_{212} + 2y_{312} + 3y_{412} + 2y_{512}) / 150 \leq 2$$
- $$(y_{121} + 3y_{221} + 2y_{321} + 2y_{421} + y_{521}) / 250 \leq 2$$
- $$(y_{122} + 3y_{222} + 3y_{322} + 2y_{422} + 2y_{522}) / 200 \leq 2$$
- $$(y_{131} + 2y_{231} + 2y_{331} + 3y_{431} + 2y_{531}) / 50 \leq 2$$
- $$(2y_{132} + 2y_{232} + y_{332} + 3y_{432} + y_{532}) / 20 \leq 2$$

- 5) 물류센터별 배송능력상한
- $$12y_{111} + 18y_{121} + 18y_{131} + 28y_{112} + 14y_{122} + 15y_{132} \leq 250Z_1$$
- $$12y_{211} + 14y_{221} + 6y_{231} + 15y_{212} + 18y_{222} + 12y_{232} \leq 200Z_2$$
- $$25y_{311} + 20y_{321} + 15y_{331} + 20y_{312} + 30y_{322} + 10y_{332} \leq 200Z_3$$
- $$21y_{411} + 15y_{421} + 18y_{431} + 12y_{412} + 10y_{422} + 12y_{432} \leq 200Z_4$$
- $$20y_{511} + 15y_{521} + 10y_{531} + 20y_{512} + 16y_{522} + 8y_{532} \leq 250Z_5$$

위 문제를 CYBER APEXIV의 MIP(Mixed Integer Programming)에 의해 해를 다음과 같은 결과가 구해진다.

- 총물류비용 : Q=761,000원
- 물류센터선정 (0-1 Integer Variables)
 $Z_1=1$, 물류센터입지후보자 1를 개설
 $Z_5=1$, 물류센터입지후보자 5를 개설
- 수송량(Real Variables)
 $x_{111}=200, x_{112}=200, x_{211}=300, x_{252}=200$
- 배송량(Real Variables)
 $y_{111}=200, y_{121}=250, y_{131}=50, y_{122}=200, y_{512}=180, y_{532}=20$

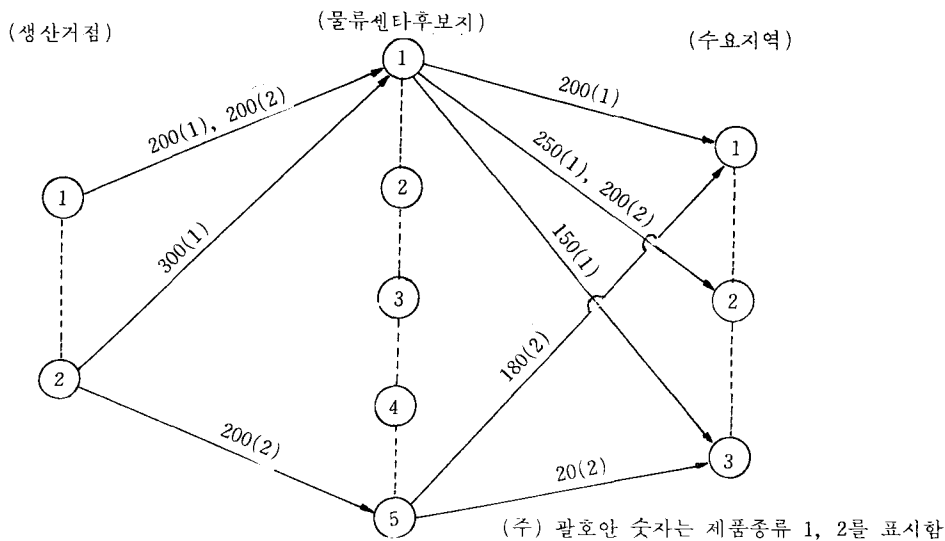


그림 2. 수송 및 배송경로별 물동량 흐름도

4. 結 論

최근 流通業을 중심으로 物流合理化를 위해 물류거점의 신설 및 통합에 대한 관심이 커지고 있으며, 이는 自社製品을 고객에게 보다 신속하게 배송하려는 물류서비스 創出의 중요성이 크게 인식되었기 때문이다.

이 문제를 해결하기 위하여 하드웨어측면의 물류시설 및 기기의 선택 및 활용방법도 중요하지만 소프트웨어측면에서 한정된 경영 諸 資源을 가장 효율적으로 운영하는 연구도 중요하다.

따라서 본 연구는 생산거점에서 물류센터(배송센터 또는 하치장)를 경유하여 수요지에 제품을 공급하는 2단계 물류네트워크모형을 대상으로 종래 제품별 수송코스트 및 수송거리를 근거로한 시설배치문제를 확장하여 물류서비스향상을 위한 중점관리 측면에서 제품별, 수요지별로 배송리드타임을 제약조건에 고려한 물류센터배치 및 수·배송문제를 다루었다.

物流(Logistics)가 기업의 제3이윤원으로 실제적 운영접근에 이르고 있는 기업 현실에서 물류서비스레벨, 즉 납입서비스, 시간서비스, 재고서비스, 수송서비스의 신뢰성, 클레임처리서비스, 정보 및 시스템서비스 등 비경제적요소를 고려한 물류센터의 시스템 운영 방법에 연구가 계속 이루어져야 할 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

1. Francis, R. L. and White, T. A., *Facility layout and location* (London; Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.), 1974.
2. Geoffrion, A. M. and Marsten, R. E., Integer programming algorithm; A framework and state-the-art survey, *Man. Sci.*, 18(9), 1972, pp. 465-491.
3. Lalonde, B. J., and Paul H. Zinszer, *Customer Service; Meaning and Measurement*, Chicago, NCPDM, 1976.
4. Lalonde, B. J., Cooper, M. C. and Noordewier, T. G., *Customer Service; A Management Perspective*, Chicago, Council of Logistics Management, 1988.
5. McGinnic, L. E., "A Survey of Recent Results for a Class of Facilities Location Problems," *AIIE Transactions*, 9(1), pp. 11-18, 1977.
6. Robeson, J. F., *The Distribution Handbook*, Macmillan, Inc., 1985.