

물류거점 변경에 따른 크로스-도킹 거점 입지 선정에 관한 연구

A Study on Selection of Cross-Docking Center by Changing the Logistics Location

이인철*, 이명호**, 송정은***, 김내현***

* 삼성전자 로지텍(iclogi.lee@samsung.com)

** 세명대학교 인터넷정보학부(mhlee@semyung.ac.kr)

*** 아주대학교 산업정보시스템학부(nhkim@ajou.ac.kr)

Abstract

Recently many firms operate a cross-docking center in addition to run a distribution center to reduce logistics costs and maintain or enhance logistics service. However, it is true that many firms just operate their cross-docking centers as they are without any change, in spite of that the location of the cross-docking center should be changed and operated when the location of distribution center is changed and moved. This study presents the method that re-selects the location of the cross-docking center when the existing distribution center is changed.

Describing the operation environment to apply the cross-docking system and the selection criteria of the cross-docking center under the environment of changeable logistics network, we define the simulation model which can analyze and select the location of the cross-docking center applied to a logistics field. The simulation model presents experiential algorithm selecting the location with the data of the demand point such as volume, transportation costs, and delivery distance.

1. 서론

최근 많은 기업들이 물류비 절감을 위하여 재고를 보유하는 물류거점 외에 물류 서비스의 유지 또는 향상을 위해 크로스-도킹 거점을 운영하고 있다. 그러나 크로스-도킹 거점이 물류거점에 종속하여 입지를 선정 운영하여야 함에도 불구하고, 실제 물류거점이 변경 또는 이전 되었을 때 크로스-도킹 거점을 변경시키지 못하고 그대로 운영되고 있는 게 현실이다.

따라서 본 연구에서는 물류거점에 따른 향후 물류 네트워크에 적합한 최적의 XDC(Cross(X) Docking Center) 구축을 위한 표준 모델을 수립함으로써 XDC 운영의 기준을 제시하고자 한다. 여기에서 XDC 표준 모델이란 XDC 별 일처리 물동량, 배송거리 등의 표준화를 통하여 향후 크로스-도킹을 위한 XDC 운영의 기준이 될 수 있는 모델을 의미한다. 또한 물류거점이 변경되었을 때 XDC를 재선정하는 방안을 제시하고자 한다. 변화하는 물류네트워크 환경에서 XDC 선정 기

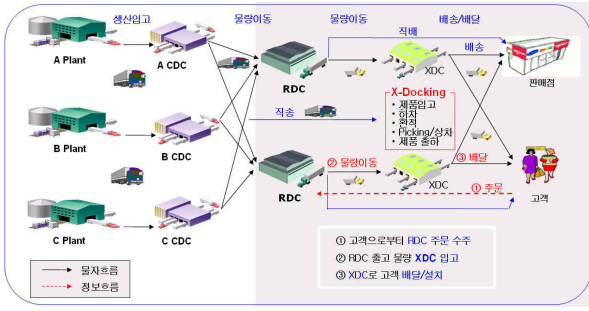
준, 크로스-도킹 추진 시 고려할 운영환경을 서술함으로써, 현장에 적용 가능한 XDC 선정과 이를 분석할 수 있는 시뮬레이션 모델을 정의한다. 시뮬레이션 모델에서는 수요지의 물동량, 운송비, 배송거리 등을 고려하여 거점을 선정하는 경험적 알고리즘을 제시한다. 마지막으로 현장의 실 데이터를 대상으로 시뮬레이션을 수행한 후, 시나리오 간 분석을 통하여 XDC 이전에 따른 효과를 분석한다.

2. 기존 연구에 대한 고찰

입출고 dock의 수, 차량의 dock 대기 유형, 임시저장 공간의 유무에 따라서 32개의 크로스-도킹 운영 모델이 생성될 수 있다고 한다(Yu Wooyeon, 2002). Schedule-Driven 크로스-도킹 시스템은 차량 이용률이 잠재적으로 낮을 수 있지만, 보장된 서비스 수준을 제공하도록 설계되어 있다(Donaldson et al, 1998). Load-Driven 크로스-도킹 시스템은 차량 가동률은 높여주는 반면, 서비스 수준을 감소시킨다. Load-Driven 시스템에서 크로스-독의 수와 위치를 결정하기 위한 혼합정수계획 모형을 개발하였다(Ratiff et al, 2000). 다품종, 다설비, 제한적 용량을 가지는 시설의 위치 문제를 결정하는 모형과 Lagrangian relaxation에 근거한 효율적인 발견적 알고리즘을 제안하였다(Hason et al, 1998).

배달기일을 준수하면서 비용을 최소화하고 고객 만족도를 높일 수 있는 허브(Hub)의 개수 및 용량 산정을 위한 수학적 모형을 구성하고, 수학적 모형 적용의 효과 분석을 위하여 ILOG OPL Studio를 사용하여 해법을 소개하였다(Park, 2002). 또한 기존 물류 네트워크 기반에서 크로스-도킹 거점 선정에 대한 시뮬레이션 모델링을 통한 해법을 소개하였다(Lee et al, 2006). 그러나 본 연구와 관련된 물류거점 변경에 따른 크로스-도킹 거점 입지 선정에 관한 연구는 거의 미미한 실정이다.

따라서 표준모델 수립을 위한 본 연구의 분석 범위는 <그림 1>과 같이 RDC(Regional Distribution Center)에서 XDC로의 물량이동과 XDC에서 수요지(판매처/고객)까지의 배송/배달 물량으로 한정한다.



<그림 1> 연구의 범위

표준배송거리가 벗어나는 XDC를 선별하여 권역내 XDC를 추가하도록 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션 결과에 따라 운송비가 최소화되는 XDC 개수를 산출한다. 마지막으로 선정된 XDC를 현행 XDC와 비교하여 유지/폐쇄 및 이전 의사결정을 하도록 한다.

3. 개발 방법론의 설계

3.1 분석 방법론

표준모델 수립을 위한 분석 방법론은 <그림 2>와 같이 3 Phase 방법론으로 진행하도록 한다.

단 계	분석 절차	분석 내용
Phase I: As-Is 분석	물류 네트워크 현황 분석	<ul style="list-style-type: none"> 현재 거점별 운영 현황 현재 거점별 배송권역 및 운송비 현재 XDC 위치 조정 및 최적화 조정 XDC 기준 표준 배송권역 선정
Phase II: To-Be 모델링	To-Be 분석	<ul style="list-style-type: none"> 수도권 배송권역 조정 표준 배송권역 기준 To-Be 최적 입지 선정
Phase III: XDC 평가 및 적용	XDC 평가 적용 우선 순위 결정	<ul style="list-style-type: none"> 현장 검증 및 XDC 평가 현행 XDC 유지/폐쇄/이전 우선 순위 결정

<그림 2> 연구의 개발 방법론

또한 본 연구에서는 물류 모델링 방법론 중 최적화 방법과 시뮬레이션 방법의 장점이 결합된 경험 법칙 (Rules of Thumb)을 이용하여 최적해를 구하는 발견 적 알고리즘을 적용한다. XDC 입지 선정의 최적화 기법으로는 복수거점 무게중심법을 이용한다.

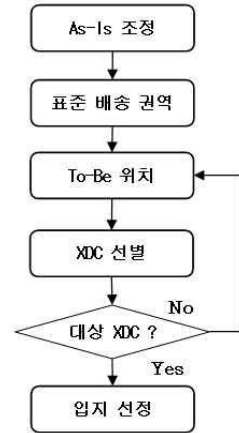
현재 물류 네트워크의 배송권역별 현황을 살펴보면 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 배송 권역별 현황

구분	수요량		DC와 XDC 거리 (km)	평균배송거리 (km)		배송권역		물류 비용 (억원)
	(cbm)	(%)		DC	XDC	DC	XDC	
수도권	1,474,080	50	39	19	10	68	14	35.1
중부권	426,687	14	100	39	33	122	93	14.1
서부권	286,216	10	89	24	36	82	89	6.8
남부권	790,250	26	69	18	27	83	67	17.8

3.2 개발 방법론

입지선정 기준으로는 DC와 수요지간 총 운송비용이 최소화되는 지역의 XDC를 입지 선정의 기준으로 설정한다. 입지선정 분석 절차는 다음 <그림 3>과 같다. 먼저 As-Is 14 DC와 수요지간 총운송비가 최소화되는 XDC 위치를 선정한 후, 선정된 XDC의 기준 표준 배송거리를 산출한다. 다음으로는 To-Be DC와 수요 지간 총운송비가 최소화되는 XDC의 위치를 선정하고,



<그림 3> 입지 선정 흐름도

입지선정의 분석 방법론은 먼저 두 지점간 총운송비를 최소화하기 위한 입지를 선정하는 기법인 복수거점 무게중심법(Multiple Center-of-Gravity Approach)을 기준으로 하여, 다음과 같이 총운송비를 최소화하는 CDC를 선정한다.

$$\text{Min 총운송비(XDC)} = \sum \text{물동량}(V_i) * \text{운송단가}(R_i) * \text{거리}(d_i)$$

여기에서 XDC의 X, Y 좌표 위치선정의 조건은 다음과 같다.

- $X = \frac{\sum (V_i R_i X_i / d_i)}{\sum (V_i R_i / d_i)}$,
- $Y = \frac{\sum (V_i R_i Y_i / d_i)}{\sum (V_i R_i / d_i)}$

다음으로 DC와 XDC, XDC와 수요지간 거리산정은 다음과 같이 한다.

$$d_i = K\sqrt{[(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2]}$$

4. 분석 결과

4.1 As-Is 분석 결과

위의 입지 선정 기준으로 개발 방법론을 적용해보면 As-Is 배송권역에서는 수요량이 많은 권역일수록 단위 배송권역이 짧아지는 것으로 나타난다. 다시 말하면 수요량이 많은 수도권 XDC에서는 1000cbm의 제품을 배송할 때 0.08km 이내에서 관할 가능하지만 수요량이 상대적으로 적은 서부권의 경우 2.7km 범위까지 관할 가능하다는 것을 나타낸다. 이는 향후 To-Be 설계시 표준 배송권역으로 사용되어 거점의 물동량 변화에 따른 관할 가능 배송권역 산정의 기준이 된다.

다음 <표 2>는 As-Is 최적화 결과를 요약한 표이다. <표 2>의 결과를 살펴보면, 현행 14DC 물류 네트워크 하에 XDC의 위치는 최적지가 아니며, 최적지로

이전시 평균배송거리는 20%, 물류비는 2.9억원(총물류비의 9%)의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 여기서 배송거리는 가중평균거리를 말한다.

<표 2> As-Is 배송권역 최적화 결과표

구분	수요량		As-Is 최적화		절감 효과	
	배송거리 (km)	물류비용 (억원)	배송거리 (km)	물류비용 (억원)	배송거리 (km)	물류비용 (억원)
전국	25	32.5	20	29.6	5	2.9
수도권	10	14.4	8	13.5	2	0.9
중부권	33	6.4	30	5.7	3	0.7
서부권	36	3.3	27	3.0	9	0.3
남부권	27	8.4	20	7.4	7	1.0

구분	수요량		DC와 XDC 거리 (km)	배송권역 (km)		평균배송거리 (km)	
	(cbm)	(%)		DC	XDC	DC	XDC
전체	2,977,233	100	70	86	58	0.457	0.843
수도권	1,474,080	50	39	68	15	0.206	0.084
중부권	426,687	14	100	122	97	0.793	1.547
서부권	286,216	10	89	82	80	0.740	2.744
남부권	790,250	26	69	83	61	0.434	1.220

4.2 To-Be 분석 결과

현재 수도권 배송권역은 해당 RDC의 용량 부족으로 인하여 기형적으로 운영되고 있으며, 수도권 DC의 위치 및 용량 변화와 더불어 <표 3>과 같이 To-Be 배송권역 형태로 조정이 필요하다.

<표 3> 수도권 배송권역 조정표

구분	배송거리 (km)	배송시간 (분)	수도권 물동량(cbm)					
			서서울	비율 (%)	동서울	비율 (%)	수원	비율 (%)
As-Is	33	54	533,997	36	437,044	30	503,039	34
To-Be	32	55	492,763	33	413,412	28	567,905	39

To-Be 최적화 결과를 살펴보면, 다음 <표 4>와 같이 향후 물류 네트워크에서 최적지로 이전시 평균배송거리는 19.4%, 물류비는 5.5억원(총물류비의 10.6%)의 절감 효과가 있음이 나타났다.

<표 4> To-Be 배송권역 최적화 결과표

구분	To-Be		To-Be 최적화		절감 효과	
	배송거리 (km)	물류비용 (억원)	배송거리 (km)	물류비용 (억원)	배송거리 (km)	물류비용 (억원)
전국	36	52.0	29	48.1	7	5.5
수도권	36	5.7	11	4.7	25	1.0
중부권	38	25.3	35	22.2	3	3.1
서부권	30	8.8	27	8.0	3	0.8
남부권	37	12.2	33	11.6	4	0.6

따라서 To-Be로의 물류거점 변경 시, XDC 물색이 필요하며, 구로, 사하 XDC는 수원대체 DC, 부산 DC의 용량 확대에 따른 관할 가능 배송권역의 증가(표준 배송권역 기준)로 폐쇄 가능하며, 남양주 XDC는 동서

울 DC의 확장 이전에 따른 배송권역 중복이유로 폐쇄할 수 있음을 보여준다. 이상과 같은 입지 선정 결과를 요약해 보면 <표 5>와 같다.

<표 5> To-Be 입지선정 결과표

권역	As-Is		입지 조정		To-Be	
	DC(14)	XDC(11)	DC	XDC	DC(7)	XDC(12)
수도권	수원 C					
	서서울	구로		폐쇄	서서울	
	동서울 (신갈)	남양주	폐쇄		동서울	
	군포	인천	폐쇄		수원대체	창고물색
중부권	원주		XDC전환		원주	
	대전		XDC전환		대전	
		강릉		이전		창고물색
		아산		이전		창고물색
서부권	광주C				광주	목포
	광주R	목포				순천
		순천				익산
	익산		XDC전환			
남부권	제주				제주	
	구미C					
	대구	안동		이전	대구	창고물색
		경주		이전		창고물색
	부산	울산		이전	부산	창고물색
		사하		폐쇄		
	창원		XDC전환		창원	

5. 결론

본 연구에서는 물류거점 변경에 따른 크로스-도킹 거점의 입지를 선정하는 방안을 제시하였다. 이를 위하여 XDC 별 일처리 물동량, 배송거리 등의 표준화를 통하여 XDC 운영의 기준이 될 수 있는 모델을 정의하고, 물류거점이 변경되었을 때 XDC를 재선정하는 방안을 제시하고, 이를 분석할 수 있는 시뮬레이션 모델을 정의하였다. 시뮬레이션 모델에서는 수요지의 물동량, 운송비, 배송거리 등을 고려하여 거점을 선정하는 경험적 알고리즘을 제시하였으며, 이러한 방법론을 기반으로 현장의 실 데이터를 대상으로 시뮬레이션을 수행한 후, 시나리오 간 분석을 통하여 물류비용, 평균배송거리의 변화를 비교하였다. 분석 결과로 현재 수도권 배송권역은 해당 RDC의 용량 부족으로 인하여 기형적으로 운영되고 있어 물류거점 즉, DC 및 XDC의 위치와 함께 배송권역의 조정이 불가피하며, 최적지로 이전시 평균배송거리는 19.4%, 물류비는 5.5억원(총물류비의 10.6%)의 절감 효과가 있음이 나타났다. 따라서 이러한 크로스-도킹 거점의 합리적인 선정 운영으로 물류비용과 리드 타임을 단축하고, 물류서비스의 향상을 도모할 수 있다.

그러나 향후 크로스 도킹 거점 선정시, 출하 및 일시적 재고 보관을 위하여 얼마만큼의 용량을 가져가도록 할 것인가의 용량 산정 방안이 추가로 검토되어야 할 것이며 이를 위한 연구가 보완되어야 할 것이다.

참고문헌

Lee, I. C., Lee, M. H., and Kim, N. H. (2006), A Study on Selection of Cross-Docking Center based on Existing Logistics Networks, *IE Interfaces*, **19(1)**, 26-33.
 Park, S. J. (2002), Study on decision of capacity and the number of hub in home delivery industry, *Graduate school*

of Korea university.

- Donaldson, H., E. L. Johnson, H. D. Ratliff, and M. Zhang (1998), Network Design for Schedule-Driven Cross-Docking Systems, *Georgia Tech TLI Report*.
- Garey, M. R. and D. S. Johnson (1979), Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness, *Freeman*, San Francisco.
- Hasan, P. and V. Jayaraman (1998), A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: Formulation and efficient heuristic solution, *Computers Ops Res*, **25**, 869-878.
- Lenstra, J. K. and A. H. G. R. Kan(1981), On General Routing Problems, *Networks*, **6**, 273-280.
- Maida, N. and the staff at Gross & Associates (2000), Making the Move to Cross-Docking, *WERC*, USA.
- Ratliff, D., J. V. Vate, and M. Zhang (2000), Network Design for Load-driven Cross-Docking Systems, *TLI web*.
- Yu, W. (2002), Operational Strategies for Cross Docking Systems, *PhD dissertation*, Iowa State University.