J. Korea Saf. Manag. Sci. Vol. 17 No. 4 December 2015
http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2015.17.4.259

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

CIS지역 생산제품의 글로벌 판매물류 네트워크 시뮬레이션 연구

남 상 신* · 강 경 식**
*범한판토스 · **명지대학교 산업경영공학과 교수

A Study on International Logistics Network Simulation based on CIS region

Sang-Sin Nam* · Kyung-Sik Kang**
*Pantos Logistics · **Department of Industrial Management Engineering, MYONGJI University

Abstract

CIS nations are recognized as an emerging market recently because there are abundant natural resources and a lot of investment demand. Furthermore, they are located in the middle of Europe and Asia and that make them have more strategic importance as a logistics hub. So many global companies including domestic ones began to advance into the on-site. and this tendency will be strong. On the contrary, a research in logistics environment of CIS has rarely been done. This paper provides a way of systematic approach to design logistics network in CIS with real business case and shows the analyzed result of optimization simulation that includes factors having a huge influence on the overall logistics cost.

Keywords: logistics network, optimization, CIS

1. 서 론

CIS(Commonwealth of Independent States)는 1991년 소비에트 연방의 해체로 독립한 12개 소속 국가들의 연합체 혹은 동맹을 의미한다. CIS와는 1990년 러시아와의 수교를 시작으로 CIS내 풍부한 자원과 국내 제조기업들의 제품수출 교역이 꾸준히 이루어져 왔으며, 2010년 7월 러시아, 카자흐스탄, 벨라루시 3국의 관세동맹의 체결로 이 지역으로의 수출물류 형태가 보다 다양화되고 있는 실정이다. CIS지역 물류와 관련된 선행연구들은 주로 국내에서 CIS지역으로의 수출과 관련된 분야에 집중되어 있으며, 특히 철도운송의 경제적 효과, 유라시아 철도운송 전략, 러시아 및 CIS지역 진출 조건 등과 관련된 영역이 주를 이루고 있다. 그러나 최근 CIS지역의 풍부한 자원과 인프라 개발 수요에 맞춰 플랜트 건설 및 제조기업을 중심으로 국내 기업들의 진출이 활발해지면서 CIS지역에서 생산된 제품 및 중간재를 글로벌 해외 시장으로 판매하기 위한 물류 네트워크 구축에 대한 연구 필요성이 대두되었다. 또한 CIS지역의 물류환경은 광활한 국토를 기반으로 한 내륙지역이라는 특수성으로 장거리 철도 중심의 운송체계가 발달되어 왔으며, 이로 인한 고유의 물류특성이 물류 네트웍 구축에 있어서 고려해야 될 주요 제약요소들로 작용하고 있다.

본 연구는 기존의 선행연구를 바탕으로 네트워크 최적화 시뮬레이션의 수리적 모델을 CIS지역 물류특성을 반영하여 이를 가장 적절하게 수용할 수 있는 시뮬레이션 툴을 선정하여 검증함으로써 이 지역에 현지진출과 투자를 고민하고 있는 기업들의 물류비 절감에 기여하고자 한다.

†Corresponding Author : Kyung-Sik Kang, Industrial and Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea, E-mail : kangks@mju.ac.kr
Received October 20, 2015; Revision Received December 09, 2015; Accepted December 14, 2015.

2. 연구 방법

본 연구에서는 기업의 실무적 관점에서 CIS 지역을 중심으로 한 물류 네트워크 설계와 최적화에 대한 시뮬레이션 연구결과를 제시한다. 이를 위해

첫째, 선행연구 고찰로서 기존 CIS 지역물류에 대한 연구결과를 살펴보고, 물류 네트워크 모델링 방법과 최근의 연구동향을 검토한다.

둘째, 관련 기존 연구들을 통해 제기된 문제점과 CIS 지역의 물류환경을 반영하여 수리적 모델을 정리한다.

셋째, 이러한 수리적 모델과 가장 유사한 로직을 기반으로 제작된 시뮬레이션 툴을 활용하여 기업의 실제 자료를 통해 그 활용성과 효율성을 검증한다.

넷째, 이러한 과정을 통해 CIS 물류 네트워크의 최적화에 대한 효과를 분석하고 향후의 발전방안을 제안한다.

3. 선행 연구 및 동향

3.1 CIS 지역물류 선행연구

CIS지역 물류에 대한 연구는 주로 TSR에 집중되어 있다. 김선래(2010)는 유럽과 아시아를 연결하는 TSR의 물류 Hub로서의 역할에 대해 연구하였다. 박종삼(2010)은 한국의 물류기업이 우즈베키스탄에 효율적으로 진출할 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 신형석(2012)은 한국과 러시아 간의 운송체계에 있어서 TSR과 Deep Sea 운송구간의 장단점과 기간별 러시아의 운송체계 변화에 대한 연구를 수행하였다. 또한 김익준(2013)은 국제화물 경로선택 결정요인 분석에 있어서 러시아, 카자흐스탄, 벨라루시 간의 3국 관세동맹으로 인한 물류환경 변화에 대해 연구하였다.

CIS지역의 기존 선행연구들은 대부분 CIS행 수출물류와 TSR에 국한되어 있으며, 특히 교역의 규모가 가장 많은 러시아의 항만과 철도와 같은 운송부문에 집중되어 있다.

3.2 물류네트워크 모델링과 설계 연구동향

기업경영에 있어서 이러한 네트워크 구성의 문제는 이익 최대화 또는 비용 최소화의 관점에서 현실세계를 추상화하고 단순화시키는 모델링(Modeling)을 통해 모형(Model)을 만들어 해결해 나갔는데, 추상화(Abstraction)의 수준이 가장 높은 단계가 수리모형(Mathematical Model)으로 수학적 기호에 의해 실제 상황을 이해하고자 하는 방식이다. 수리모형(Mathematical Model)을 기반으로 공급망과 물류 네트워크 문제를 해결하는 방법(Method)은 대표적으로 3가지로 구분할 수 있다.

첫 번째로 최적화 방법은 1950년대 Dantzig에 의해 Simplex 알고리즘이 개발되면서 물류 최적화 문제를 해결하는데 활용되어 왔다. (Geoffrion & Powers, 1995; Dantzig,1951). 그후 Lewis, Culliton, Steele 의해 물류 네트워크 분석에 있어서 총비용 분석기법과 운송비와 재고비의 Trade-off 관계가 증명되었고, 1999년에 이르러 Padberg에 의해 정수(Integer)와 연속변수(Continuous Variable)를 목적함수와 제약식에 동시에 활용하는 혼합정수계획(Mixed Integer program) 모형이 개발되면서 이후 획기적인 진전이 이루어져 최근에는 글로벌 환경의 국가간 Tax, 환율, 제품가격 등의 차이를 고려하여 복수제품(Multi-commodity)의 복수기간(Multi-Period) 동안의 물류 네트워크 최적화 문제를 해결하는데 활용되고 있다. 특히 추계적 최적화(Stochastic Optimization) 기법의 발견으로 최적화 모델에서도 랜덤(Randomness) 입력 Data를 활용할 수 있게 되었으며, JDA의 Supply Chain Strategist와 CAST V10과 같은 상업용 Tool의 등장으로 최적화 기법은 계속 확산되고 있다. 그러나 아직까지 산업계에 보다 넓게 활용되지 못하고 있는 것은 매우 복잡하고 방대한 규모의 혼합정수계획(MILP) 문제를 해결하는 데는 아직까지 한계를 가지고 있기 때문이다.

두 번째로 시뮬레이션 기법은 공급망 또는 물류 네트워크의 동적(Dynamic) 특성을 모델링하는 가장 효과적인 방법이며, 물류 네트워크를 가장 현실적으로 분석할 수 있는 방법이다. 1961년 Forrester가 공급망의 Bull-whip 효과를 발견하면서 공급망에서 고객서비스 수준과 최적 재고수준에 대한 중요성이 높아졌다. 따라서 고객 수요량, 운송 및 생산 리드타임, 생산율 등을 난수 발생기(Random generator)를 통해 입력 Data를 확보하여 그 결과를 통계적으로 정리함으로써 고객서비스 및 재고수준과 관련된 공급망 불확실성(Uncertainty)을 모델링하는데 효과적이다. 그러나 이 방법은 최적화된 결과를 제시하지는 못하기 때문에 사용자가 네트워크의 구조를 직접 결정하고 이 구조 하에서 입력 매개변수들을 변경해가는 What-if 방식으로 탐색해나가야 하며, 표준화되고 간결한 Programming Language가 없어 모델 구축을 위해 상당히 많은 시간을 투자해야 하는 단점이 있다.

마지막으로 최적화 방법은 설비입지나 네트워크 문제를 분석하고 해결할 수는 있으나, 정적(Static)인 Data만을 활용한다는 단점이 있는 반면에 시뮬레이션

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

방법은 이러한 동적(Dynamic)인 특성을 반영할 수 있으나 최적화를 보장하지 못한다는 단점이 있다. 이러한 두 가지 방식의 특징을 혼합하여 공급망 문제를 해결하고자 하는 노력은 오래 전부터 연구되어 왔다. 예를 들어 유전자 알고리즘, 퍼지 이론, AHP(Analytical Hierarchy process 같은 방식을 최적화 방법과 혼합하여 사용하는 방식이다. 또한 최근 등장하고 있는 기법으로 Control Theoretical Methods, Queuing networks, Petri nets 과 같은 방법도 공급망 문제를 해결하는데 활용되고 있다.

기존 선행연구 영역에서 네크워크 모델링에 있어서 실제 기업사례(application to real life)를 활용하는 방식은 2가지로 분류된다(Melo et al. 2009). 첫 번째는 실제 물리적인 네트워크 구현이 되지는 않을 수도 있지만, 현실적 기업 사례를 활용하여 연구한 그룹이 있으며, 특정 산업의 환경을 가정하여 연구한 그룹으로 구분할 수 있다. 특히 첫 번째 그룹의 비율은 상대적으로 매우 낮은 실정이다(28 papers out of 170, equal to approximately 16%, Creazza et al. 2012). 또한 실제 기업 사례를 활용한 경우에도 현실의 복잡한 제약조건들을 단순화하고 다수의 가정을 전제로 연구되었다.

3.3 수리 모형 활용

기존 선행 수리모형 연구들 중 네트워크 최적화 유형문제(Supply chain configuration)를 전체적으로 포괄하면서, 혼합정수계획(MILP) 모형을 바탕으로 일반화되고 광범위한 적용이 가능한 최적화 수리모형인 김정혁(2004년)의 모델을 살펴보고자 한다. 그의 수리모형은 다단계, 복수제품, 단일기간, 복수운송수단 모형을 전제로 했으며, Nested Network 개념이 반영된 모형으로 복합운송의 거점 내 환적 프로세스를 가장 적절하게 수리적으로 표현한 모델이라고 할 수 있어 본 연구에서 활용할 시뮬레이션 툴을 통한 검증에 가장 적절한 모형이라고 할 수 있다. 김정혁(2004년)의 수리모형은 전체 비용의 최소화를 목적으로 하며, 모든 수요는 충족되며, 수요/비용 정보는 사전에 확정되어 있으며, 모형에서 표현하는 공급체인의 단계는 제한이 없으며, 거점 내 프로세스의 산출물은 하나만 존재하고, 단일기간을 고려하여 재고비용은 제외된다는 것을 가정하고 있다. 이러한 가정을 전제로 한 목적함수와 제약식은 다음과 같다.

Min (거점고정비 +제품고정비+제품변동비+프로세스 고정비+프로세스변동비+운송고정비+운송 변동비)

이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{MIN} \sum_i \alpha i\, Y_i + \sum_i \sum_k \beta_i^k Z_i^k + \sum \sum \gamma_k^i Q_k^i + \sum_i \sum_p \sum_k \omega_{ip}^k I_{ip}^k + \sum_i \sum_p \sum_q \sum_k + \phi_{ipq}^k F_{ipq}^k + \sum_i \sum_j \sum_m \sigma_{ij}^m L_{ij}^m + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m \delta_{ij}^{km} X_{ij}^{km}$$

(1) $\sum_q F_{ipq}^k = \sum_j \sum_m X_{ij}^{km}$, $(i,p,q) \in V$, $q \in R_T$, $\forall i \in N_S \cup N_T$

(2) $\sum_q F_{ipq}^k = \sum_i \sum_m X_{ij}^{km}$, $(i,p,q) \in V$, $p \in R_S$, $\forall i \in N_T$

(3) $\sum_r F_{ipq}^k - \frac{1}{\rho_q^{lk}} \sum_p F_{ipq}^i = 0, \forall q \in R_N$

제약식 (1)-(3)은 거점의 흐름량 보존에 관한 것이다. 거점의 프로세스로 인입된 물량은 프로세스의 유출된 물량과 같다. 제약식 (1)은 거점의 종료 프로세스 인입량와 다른 거점으로 유출된 양의 합과 같다. 제약식 (2)는 한 거점으로 들어오는 인입량은 그 거점의 시작 프로세스에서 다른 프로세스로 유출된 양의 합과 일치한다. 제약식 (3)은 제품의 변환이 이루어지는 경우, 프로세스 전후의 제품의 양은 제품 변화 비율을 반영하여 결정된다는 것을 의미한다.

(4) $\sum_i \sum_m X_{ij}^{km} = D_j^k$, $\forall j \in N_D$

제약식 (4)는 수요량은 모두 충족된다는 제약이다.

(5) $\sum_p F_{ipq}^k = Q_i^k, \forall q \in R_T$

제약식 (5)는 각 거점별 제품 취급량에 대한 정의이다. 각 거점에서 종료 프로세스로 인입되는 양의 합이 해당 거점의 제품 취급량이 된다.

(6) $(\min C_i)\, Y_i \le \sum_k Q_i^k \le (\max C_i)\, Y_i$

(7) $(\min C_i^k)\, Z_i^k \le Q_i^k \le (\max C_i^k)\, Z_i^k$

(8) $(\min C_{ip}^k)\, I_{ip}^k \le \sum_q F_{ipq}^k \le (\max C_{ip}^k)\, I_{ip}^k, \forall p \in R_N$

(9) $(\min C_{ij}^k)\, L_{ij}^k \le \sum_k X_{ij}^{km} \le (\max C_{ij}^k)\, L_{ij}^k, \forall (i,j) \in A$

제약식 (6)-(9)는 처리용량에 대한 제약식이다. 이 제약식의 경우 최대 처리용량뿐만 아니라 최소 처리용량에 대한 제약도 다룰 수 있다. (6)은 거점별 처리 용량

에 대한 제약식이고, (7)는 거점별 제품 각각에 대한 제약식이다. (8)은 거점 내 프로세스의 생산능력에 대한 제약식이며 (9)는 거점간의 링크에 대해 운송수단별 운송능력에 대한 제약식을 의미한다.

(10) $Y_i \geq Z_i^k$

(11) $Z_i^k \geq I_{ip}^k$

(12) $Y_i \geq L_{ij}^m$

(13) $Y_j \geq L_{ij}^m$

(14) 변수 Y,Z,I,L = 0 또는 1 for all

제약식 (10)-(13)은 각각의 의사결정 변수간의 우선순위에 대한 제약이다. (10)의 경우, 거점 i에서 제품 k를 다루기 위해서는 우선 거점 i를 열어야 한다. (11)은 거점 i의 프로세스 p에서 제품 k를 취급하려면 거점 i가 제품 k를 취급하여야 한다. (12)와 (13)는 출발 거점과 도착 거점이 모두 운영되어야만 두 거점간의 링크에 제품이 운송될 수 있다. (14)는 일부 의사결정변수는 이진 (Binary)변수이다.

4. 물류네트워크 최적화 시뮬레이션

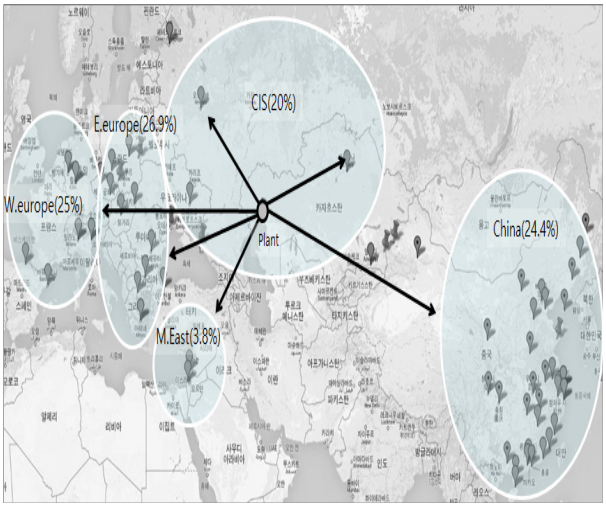
4.1 물류네트워크 요구사항분석

4.1.1 산업특징과 추진배경

화학산업은 원유(Crude Oil)및 천연가스와 같은 원재료를 활용하여 다양한 화학제품을 생산하는데 Value Chain 단계에 따라 석유화학(Petrochemical), 기초소재(Basic Chemical), 특수제품(Specialty Chemical), 신소재(Advanced Material), 건강/소비재 제품(Health Care Consumer), 재활용자원 분야(Renewal Resource Chemical)의 6가지 영역으로 구분된다. 국내의 석유화학(Petrochemical)산업은 원유에서 추출된 납사(Naphtha)를 원재료로 하여 에틸렌(Ethylene), 프로딜렌(Prodylene), 부타디엔(Butadiene)과 같은 기초원료를 추출하여 이를 기반으로 합성수지, 합성섬유, 합섬고무와 같은 중간재 제품을 생산한다. 이러한 석유화학 산업은 지금까지는 원유 정제 후 발생하는 납사(Naphtha)를 가공하는 NCC(Naphtha Cracking Center) 공장에 의존하여 왔다. 그러나 최근 새로 등장한 북미 중심의 셰일가스(Shale gas)는 납사(Naphtha) 대비 가격 경쟁력이 높아 국내 석유화학 기업들은 이에 대응하기 위해 중장기적으로 보다 저렴한 천연가스 확보와 이를 가공하는 ECC(Ethane Cracking Center) 설비를 확보하는 것이 국내 석유화학 사업의 핵심전략이 되었다. 이러한 국내외 경영환경의 변화에 따라 글로벌 석유화학 사업을 전개하고 있는 사례기업은 CIS지역 카자흐스탄 내에 있는 천연가스를 활용하는 생산설비 투자를 결정하였다.

4.1.2 물류네트워크 설계를 위한 기본정보

공장의 연간 생산량은 80만톤으로 설계되었으며, 공장과 인접하여 제품창고를 두어 글로벌 수요에 대응하는 재고기반의 출하 구조를 갖추도록 하였다. 생산제품은 크게 HDPE(High Density Poly Ethylene), LLDPE(Linear Low Density Poly Ethylene) 2개의 제품군으로 구분되는데 물성(밀도)에 따라 필름/비닐, 파이프 등 농업용 또는 공업용 플라스틱 제품을 만드는 원재료로 활용된다. 제품의 SKU단위는 HDPE/LLDPE 제품군 내 Grade 단위로 구분되는데 이는 최종 제품의 용도에 따라 구분된 단위이다. 그러나 본 연구에서는 Grade 단위까지 구분하지는 않는 것으로 하였다.



[Figure 1] Target Market and Demand ratio

또한 기존 사업실적과 국가별 시장규모를 고려하여 향후 판매량을 예측하였다. 수요Data는 제품군(HDPE/LLDPE)별 수요량을 전세계 35개 도시(City)로 구분하여 작성하였다. 고객(Customer)은 재판매(Re-sale) 사업을 운영하는 딜러(Dealer)와 최종 사용자(End-customer)인 제조공장으로 구분되는데, 기존 사업실적 분석을 통해 수요 도시별로 딜러와 제조공장의 비율을 추정하고, 각 수요도시와 고객 형태에 따라 주문 후 배송까지의 납기 제약사항을 설정하였다.

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

REGION	COUNTRY	Demand Region	Sales Plan				Fluctuation Range(%)			Service level Range			
										Dealer Type Customer		End Customer	
			HDPE	LLDPE	TOTAL	Ratio	Avg.	Min	Max	Min	Max	Min	Max
CHINA	North China	Qingdao	12	30	42	21.2%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Dalian	2	3	5	2.5%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Tianjin	5	11	16	8.4%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
	East China	Hangzhou	1	1	2	1.3%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Ningbo	5	11	16	8.0%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Shanghai	18	44	62	31.4%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
	South China	Huangpu	2	4	6	3.0%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Guangzhou	7	17	24	12.5%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Jiangmen	1	1	2	1.1%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Shantou	1	1	2	1.3%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Shenzhen	3	7	10	5.3%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
		Xiamen	3	5	8	3.9%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	45 Day	3 Day	5 Day
	China Total		**60**	**135**	**195**	**24.4%**							
Russia/CIS	Russia	Moscow	12	6	18	2.3%	35.0%	20.0%	50.0%	3 Day	17 Day	3 Day	7 Day
		St.Petersburg	15	8	23	2.9%	35.0%	20.0%	50.0%	3 Day	17 Day	3 Day	7 Day
	Ukraine	Dnipropetrovsk	3	10	13	1.6%	35.0%	20.0%	50.0%	3 Day	19 Day	3 Day	7 Day
	Kazakhstan	Almaty	70	6	76	9.5%	35.0%	20.0%	50.0%	3 Day	7 Day	3 Day	7 Day
		Astana	30	0	30	3.8%	35.0%	20.0%	50.0%	3 Day	7 Day	3 Day	7 Day
	Russia/CIS Total		**130**	**30**	**160**	**20.0%**							
W. Europe	Germany	Cologne	10	5	15	1.9%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	33 Day	3 Day	5 Day
		Frankfurt	10	5	15	1.9%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	33 Day	3 Day	5 Day
	Italy	Milano	30	20	50	6.3%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	19 Day	3 Day	5 Day
		Venice	20	10	30	3.8%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	19 Day	3 Day	5 Day
	Spain	Barcelona	10	5	15	1.9%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	25 Day	3 Day	5 Day
		Bilbao	10	5	15	1.9%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	25 Day	3 Day	5 Day
	Greece	Athens	3	3	6	0.8%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	17 Day	3 Day	5 Day
		Thessaloniki	2	2	4	0.5%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	17 Day	3 Day	5 Day
	Turkey	Istanbul	25	25	50	6.3%	20.0%	10.0%	30.0%	3 Day	17 Day	3 Day	5 Day
	West Europe Total		**120**	**80**	**200**	**25.0%**							
C. Europe	Poland	Warsaw	15	45	60	7.5%	25.0%	20.0%	30.0%	3 Day	25 Day	3 Day	10 Day
		Wroclaw	15	50	65	8.1%	25.0%	20.0%	30.0%	3 Day	25 Day	3 Day	10 Day
	Czech	Plague	10	10	20	2.5%	25.0%	20.0%	30.0%	10 Day	32 Day	7 Day	10 Day
		Brno	5	5	10	1.3%	25.0%	20.0%	30.0%	10 Day	32 Day	7 Day	14 Day
	Hungary	Budafest	10	10	20	2.5%	25.0%	20.0%	30.0%	10 Day	32 Day	7 Day	14 Day
	Romania	Bucuresti	10	10	20	2.5%	25.0%	20.0%	30.0%	10 Day	32 Day	7 Day	14 Day
	Bulgaria	Plovdiv	10	10	20	2.5%	25.0%	20.0%	30.0%	10 Day	32 Day	7 Day	14 Day
	C.Europe Total		**75**	**140**	**215**	**26.9%**							
M.E.Asia	Israel	Ashidod	**7**	**7**	**14**	**1.8%**	25.0%	**20.0%**	**30.0%**	15 Day	29 Day	15 Day	29 Day
		Haifa	**8**	**8**	**16**	**2.0%**	25.0%	**20.0%**	**30.0%**	15 Day	29 Day	15 Day	29 Day
Total			**400**	**400**	**800**	**100.0%**							

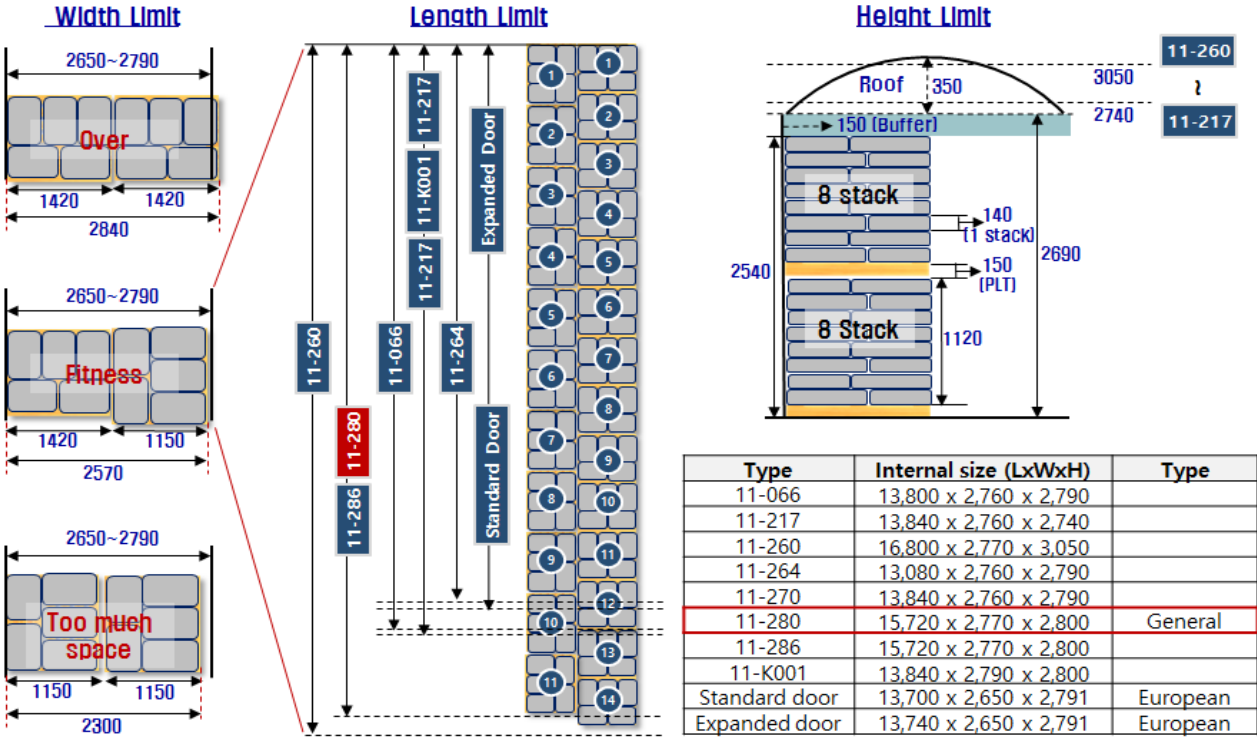
[Figure 2] Demand data by Region

이상의 물류네트워크 설계를 위한 기본 Data와 관계자들의 심층 인터뷰 자료를 바탕으로 물류 네트워크 설계가 진행되었으며, 우선적으로 CIS 물류환경에 대한 제약요인들을 정의하였다.

4.2 CIS 물류환경 및 제약 분석

4.2.1 ULS(Unit Load System) 정의와 Wagon 모델 선정

폴리에틸렌(PE)은 흰색 쌀알갱이 형태로 생산되며 대부분의 제품이 25kg단위 Bag에 포장되어 Pallet에 적재되어 운송된다. 이러한 Pallet 단위 화물을 Rail로 운송하는데 활용되는 장비는 Wagon과 ISO Container 2가지가 있다. Container의 경우 국내에서 많이 활용되고 있어 적재방식과 적재율에 있어 내부적인 ULS 표준이 정립되어 있으나, Wagon의 경우 CIS지역에 매우 다양한 형태의 모델들이 있어 모델별 적재방식 시뮬레이션을 통해 최종 모델을 선정하였다.



Type	Internal size (LxWxH)	Type
11-066	13,800 x 2,760 x 2,790	
11-217	13,840 x 2,760 x 2,740	
11-260	16,800 x 2,770 x 3,050	
11-264	13,080 x 2,760 x 2,790	
11-270	13,840 x 2,760 x 2,790	
11-280	15,720 x 2,770 x 2,800	General
11-286	15,720 x 2,770 x 2,800	
11-K001	13,840 x 2,790 x 2,800	
Standard door	13,700 x 2,650 x 2,791	European
Expanded door	13,740 x 2,650 x 2,791	European

[Figure 3] Loading simulation by wagon model

[Figure 4] Covered Wagon(11-280) and Loading Test

결론적으로 Container는 FEU 기준 22ton, Covered Wagon 11-280 모델 기준 42ton의 표준 적재 중량을 확정하였다. 11-280 모델은 CIS 지역 간 Rail 운송 시에 가장 많이 활용되는 모델로서 철도청 및 지역의 Rail 운송업체들이 다량 보유하고 있어 임차계약을 통해 확보하기 가장 용이한 모델인 점이 표준 왜건모델로 선정된 이유이다. 이러한 기준들은 최적화 시뮬레이션에 Container 또는 Wagon별 운송 경로에 따라 운송 Cost 산정과 물류거점에서의 Handling, 보관 및 Throughput 제약에 적용되었으며, [Figure 5]는 주요 운송용기별 사이즈와 적재방식에 대한 요약이다.

4.2.2 괘간 변경(Break of Gauge)

CIS 지역 Rail은 소비에트 연방 시절부터 러시아를 중심으로 한 하나의 Rail 운송체계로 발달되어 왔으며, 유럽과 중국의 Rail과 연결되어 있다. 그러나 유럽과 중국이 표준괘(1,435mm)를 쓰는 반면에 러시아는 광괘(1,520mm)이기 때문에 Rail이 이들 국경을 지나갈

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

Type	Size	Loading scheme
Empty Pallet	1300 X 1100 X 150	5bag X 8stack = 40bag(1ton)
Loaded Pallet	1420 X 1150 X 150	5bag X 8stack = 40bag(1ton)
Container(dry 40'')	12,023 X 2,234 X 2,359	20PLT + 16bag(Piece loading)
Wagon(11-280)	15,720 X 2,770 X 2,800	(20PLT X 2stack) + 16bag(Piece loading)

[Figure 5] Summary of ULS definition

4.2.2 괘간 변경(Break of Gauge)

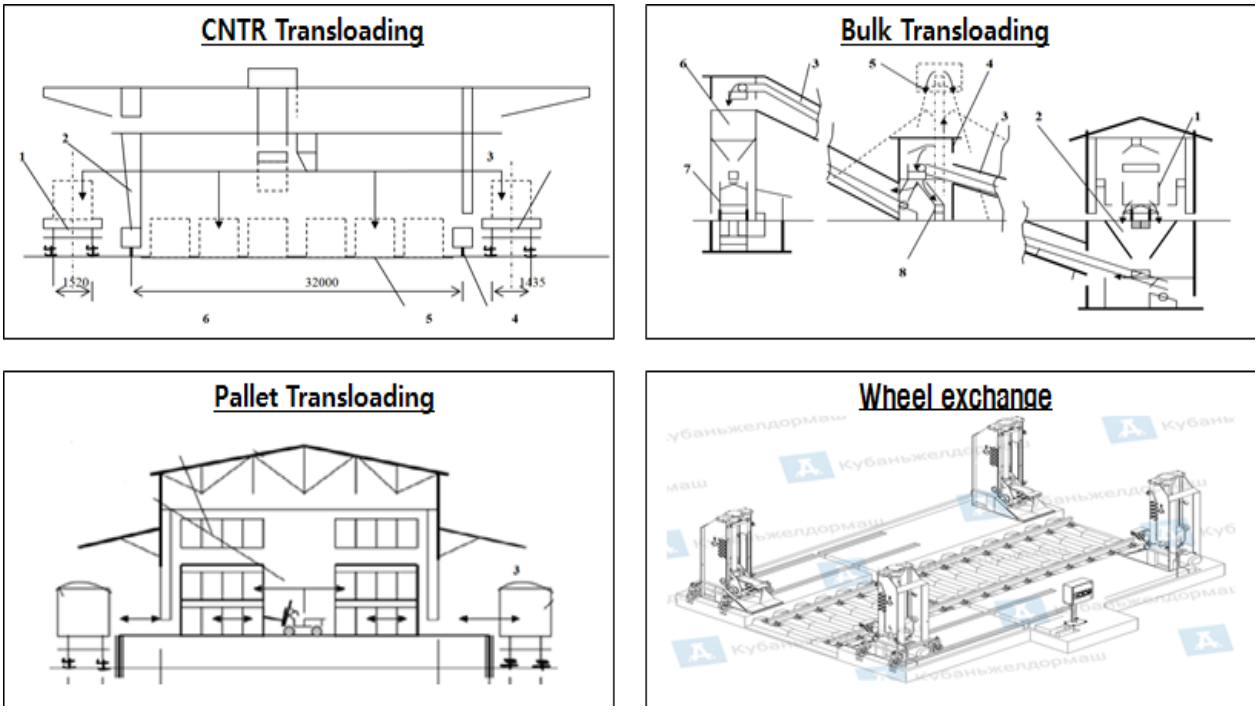
CIS 지역 Rail은 소비에트 연방 시절부터 러시아를 중심으로 한 하나의 Rail 운송체계로 발달되어 왔으며, 유럽과 중국의 Rail과 연결되어 있다. 그러나 유럽과 중국이 표준괘(1,435mm)를 쓰는 반면에 러시아는 광괘(1,520mm)이기 때문에 Rail이 이들 국경을 지나갈 때에는 변경하는 작업을 해야 한다.

일반적으로 Container의 괘간 변경 작업은 양쪽 서로 다른 Rail Track 사이에서 겐트리 크레인을 이용해 가장 간편하게 작업을 할 수 있으나, Pallet 화물 Wagon의 경우에는 Wagon내 모든 화물을 개별적으로 이동시켜야 하기 때문에 많은 시간과 비용이 소비된다. 최근에는 이러한 단점을 해결하기 위해 왜건을 들어 올리고 하단의 차축(Wheel)을 해당 국가의 괘간에 맞는 것으로 교체해버리는 방식을 활용하고 있다. 카자흐스탄의 수출인 경우 중국측 지역인 알라샨코(Alashankou)에서 이루어지는데 여기서는 Pallet 단위 환적 방식과 휠 교체방식 2가지를 모두 활용하고 있다. 또한 유럽지역의 경우 전통적으로 TSR과 유럽 Rail의 환적지인 벨라루스의 브레스트(Brest)/폴란의 마하셔비츠 지역에서 이루졌으나, 폴란드의 카토비체 지역은 러시아의 광괘가 폴란드 내륙으로 연결되어 있어 별도의 괘간작업이 필요없다.

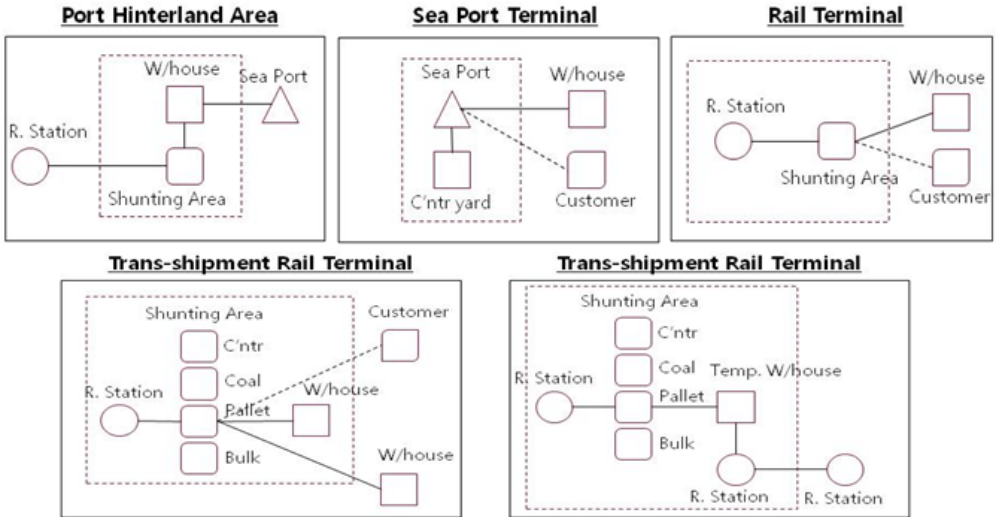
본 연구의 사례기업의 경우 유럽과 중국으로 각각 제품을 Rail로 운송하기 때문에 괘간 변경에 따른 추가적인 리드타임(2day)과 상당한 수준의 Cost가 시뮬레이션에 반영되었다.

4.2.3 물류거점 형태 분류

본 연구에서 조사된 물류 거점의 환경과 형태는 다음과 같은 5가지로 구분된다.



[Figure 6] The 4 Way of Transloading due to the different rail track size



[Figure 7] Classification of Warehouse

재고거점 형태	설명
공장 창고	제품생산 후 보관되는 창고로 Wagon 및 컨테이너 적재작업이 이루어짐
재고보관 창고 (Central/Regional DC)	거점의 재고보충(CDC) 및 고객배송(RDC)을 위해 재고를 보관하는 창고
환적 터미널 (Transloading Terminal)	환적 작업이 이루어지는 거점(괘간환적, 운송용기간 환적 등)으로 일시적인 재고보관이 발생할 수도 있음
Rail Station (Shunting Area)	Rail에서 Truck으로 환적이 이루어지는 장소로서 일시적인 재고보관이 발생할 수도 있음
Sea port (Container yard)	Sea port 내 Yard에 Container로 보관되어 창고 또는 고객으로 운송됨

첫번째로 Rail이 Port 내부나 배후부지(Port Hinterland)까지 연결되어 있어 인근 창고로 하역되는 형태로 러시아의 노보로시스크 Port가 대표적이다. 두번째는 Deep sea로 운송된 Container가 Port의 yard에 보관되지만, Pallet단위 보관은 외부의 창고를 활용하는 형태이며, 스페인의 바르셀로나와 빌바오가 이러한 거점 형태를 갖는다. 세번째는 Rail station 내에 조차장(Shunting Area)이 있어서 이곳에서 Wagon 하역이 이루어진 후 외부 창고나 고객배송이 이루어진다. 이러한 형태는 모스크바, 피터스버그 등 대부분의 CIS 지역 Rail station이 해당된다. 네번째로는 화물의 형태에 따라 지역이 구분되는 대형 Rail Terminal 형태로 Pallet 화물의 Wagon Handling 하는 지역이 별도로 구분되어 있고 대형창고가 포함되어 있다. 대표적으로 폴란드의 마하셔비츠, 우쯔, 카토비체가 이러한 거점형태에 해당한다. 마지막으로 괘간 변경작업이 이루어지는 Rail Terminal의 형태로 이 곳에는 서로 다른 괘를 가진 Rail Track이 함께 인입되어 있고 환적을 위한 임시보관용 창고들이 운영되고 있다.

이상의 물류거점 형태분류를 기준으로 본 연구에서는 거점의 형태를 다음과 같이 4가지 정의하였다.

4.2.4 Sea Port의 확보

CIS 지역의 내륙 특성으로 인해 Sea port 활용은 매우 제한적이다. 그러나 Rail이 장거리 운송에 있어서 상대적으로 안정적이고 빠르기는 하지만 Vessel 대비 Cost 경쟁력은 떨어진다. 따라서 유럽과 중국 수요지에 대해서는 2차 운송단계에서 Deep sea 운송을 위한 후보 Sea Port를 모델링에 반영하였다. 1차 Rail 운송이 가능한 후보 Sea port 선정을 위해 러시아 노보로시스크와 우크라이나 오뎃사를 직접 방문하여 Port Capacity, 운항선사, 가용 Container 수, 보관/환적 Terminal 등을 검토하였고 관련 Data를 확보하였다.

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

[Figure 8] Using vessel to export from CIS

4.2.5 운송 Data 확보와 검증

본 연구에서 활용하는 Data는 사례기업의 해외 네트워크를 통하여 현지 시장가격 중심으로 확보되었으며, 필요한 경우 해당 지역을 직접 방문 조사하였다. 따라서 Rail과 Vessel에 대한 Data 확보는 용이하였으나, 지역별 육상 Trucking 비용의 경우에는 업체별 차이가 매우 심했다. 또한 유럽 지역의 경우 운송의 법적제약(8시간 운전 후 4시간 휴식)으로 인해 각 거점에서 정해진 서비스수준의 충족여부를 파악하기 위해 운송 리드타임을 검증할 필요가 있어 별도의 운행(Driving) 시뮬레이션 작업이 필요했다. 유럽의 후보거점에서 각 수요지별 운송 리드타임은 MapPoint(Microsoft)를 활용하여 그 결과를 활용하였다. 시뮬레이션 조건은 다음과 같다.

(1) 운전시간 : 매 8시간 운전 후 4시간 휴식
(2) 운행시간 : 오전10:00 ~ 오후06:00
(3) 운행 평균속도 : 고속도로(60km/h), 도심내 도로(40km/h), 일반 시내(20km/h)
(4) 도로 우선순위 : 최단거리/고속도로 중심, 2순위는 도심내 순환도로

		Driving Distance(km)	day	hour	Driving Hour	Avg. Speed	Day
Venice RDC	Athens Central	1,778	5	5	44	40	6
Venice RDC	Barcelona Central	1,394	3	7	31	45	4
Venice RDC	Bilbao Central	1,977	4	8	40	49	5
Venice RDC	Brno Central	796	2	1	17	47	2
Venice RDC	Bucuresti Central	1,519	4	4	36	42	5
Venice RDC	Budafest Central	788	2	3	19	41	2
Venice RDC	Cologne Central	1,065	2	3	19	56	2
Venice RDC	Frankfurt Central	884	2	-	16	55	2
Venice RDC	Istanbul Central	2,007	6	1	49	41	6
Venice RDC	Milano Central	342	1	-	8	43	1
Venice RDC	Plague Central	790	2	1	17	46	2
Venice RDC	Plovdiv Central	1,492	4	2	34	44	4
Venice RDC	Thessaloniki Central	1,502	4	2	35	43	4
Venice RDC	Warsaw Central	1,556	3	4	28	56	4
Venice RDC	Wroclaw Central	1,212	2	5	21	58	3

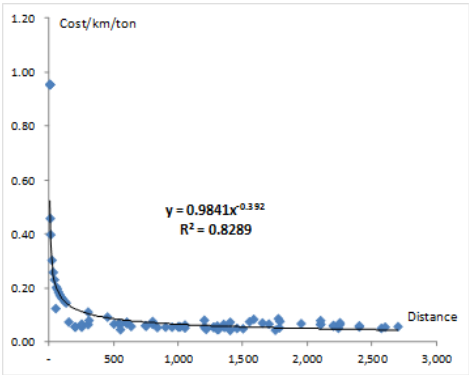
[Figure 9] Result of Driving simulation in Europe(Venice RDC case)

[Figure 9]은 유럽지역 16개 예상 거점들을 기준으로 각 수요지별 Driving Simulation을 수행한 결과 중 Venice RDC에 대한 실제 운송 리드타임을 산정한 것이다.

또한 Trucking 운송비용의 경우 동일구간의 비용임에도 불구하고 운송업체의 규모, 해당 구간에서의 타화주사의 물동량 여부 등 다른 변수에 의해 운송비 차이가 심하여 이를 거리와 중량 기준에 의해 검증할 필요가 있었다. 따라서 확보된 Trucking 단가는 [Figure 10]과 같이 거리와 중량 기준 단가로 환산하여 [Figure 11]과 같은 회귀식을 유도하여 Trucking Cost Function을 유도하여 검증하였으며, 경우에 따라서 편차가 심한 일부 구간에 대해서는 회귀식을 통해서 적정 단가를 생성하여 활용하였다.

Origin	Destination	Mode	Type	Cost	Distance	Cost/Km/Ton
Malaszewicze Station	Warsaw RDC	Cargo Truck	24Ton Truck	277	200	0.06
Malaszewicze Station	Warsaw Central	Cargo Truck	24Ton Truck	270	200	0.06
Malaszewicze Station	Wroclaw Central	Cargo Truck	24Ton Truck	621	550	0.05
Malaszewicze Station	Brno Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,080	750	0.06
Malaszewicze Station	Budafest Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,485	800	0.08
Malaszewicze Station	Plague Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,215	900	0.06
Malaszewicze Station	Cologne Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,755	1,300	0.06
Malaszewicze Station	Frankfurt Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,890	1,300	0.06
Malaszewicze Station	Bucuresti Central	Cargo Truck	24Ton Truck	2,160	1,350	0.07
Malaszewicze Station	Venice Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,823	1,500	0.05
Malaszewicze Station	Plovdiv Central	Cargo Truck	24Ton Truck	2,835	1,650	0.07
Malaszewicze Station	Milano Central	Cargo Truck	24Ton Truck	1,890	1,750	0.05
Malaszewicze Station	Thessaloniki Central	Cargo Truck	24Ton Truck	3,713	1,773	0.09
Malaszewicze Station	Istanbul Central	Cargo Truck	24Ton Truck	4,050	2,100	0.08
Malaszewicze Station	Athens Central	Cargo Truck	24Ton Truck	3,915	2,250	0.07
Malaszewicze Station	Barcelona Central	Cargo Truck	24Ton Truck	3,510	2,600	0.06
Malaszewicze Station	Bilbao Central	Cargo Truck	24Ton Truck	3,780	2,700	0.06

[Figure 10] Trucking cost from Malaszewicze to Demand region



[Figure 11] Europe trucking cost function

4.3 최적화 시뮬레이션 방법

4.3.1 시뮬레이션 툴 선정

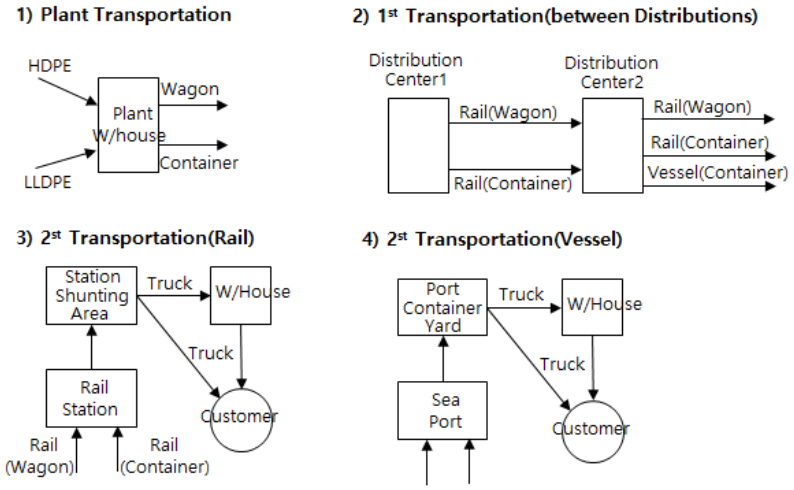
3.3 수리적 모델 연구에서 제시한 김정혁의 목적함수와 제약식은 사용자 인터페이스(GUI)를 개발하여 필요한 데이터를 DB에 저장하거나 수정할 수 있도록 하며, 기본적으로는 CPLEX 엔진(Optimizer)을 활용하여 최적해를 구하는데 활용하였다. 즉 3.3 수리적 모델은 CPLEX 엔진 기반의 모델인 것이다. CPLEX 엔진(Optimizer)은 ILOG社에 의해 개발되어 2011년 IBM이 인수하여 최적화 시뮬레이션 엔진으로 활용되었으며, 초기에는 제한된 명령어 라인(Command line)으로 작은 규모의 수리 모델을 인터액티브(Interactive)한 방식으로 최적해를 구해나가는 시뮬레이터였다. 이러한 기능들은 JDA社가 상업용 소프트웨어를 개발하면서 내부 최적화 엔진으로 내장하여 Supply Chain Strategist™가 등장하였다. SCS™는 국내 뿐만이 아니라 해외에서도 많이 보급되어 있으며, 특히 오랜 기간 글로벌 기업들의 공급망 문제 해결에 수 많은 레퍼런스를 보유하고 있다. 따라서 본 연구도 선행연구에서 제시된 수리모델을 기반으로 CIS 물류 네트워크 최적화 시뮬레이션의 효과 검증을 위해 SCS™(JDA社)를 선정하여 실제 기업의 데이터를 활용하여 수리모델의 최적화 효과를 검증하고자 한다.

4.3.2. 네트워크 모델링과 시나리오 작성

본 연구의 수리모델 최적화 효과 검증을 위해서는 4.2 CIS 물류환경과 제약분석에서 기술된 필요한 데이터들을 시뮬레이터의 사용자 인터페이스를 통해서 한 번에 입력하여 최적의 해를 동시에 구하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방식은 데이터 오류에 대한 추적과 수정이 불가능하고 향후 What-if 방식의 추가적인 문제해결이 불가능하여 본 연구에서는 수요지를 기준으로 예상 거점과 운송모드들의 후보들을 선정하고 이러한 후보 운송모드와 거점들의 조합들을 시나리오들로 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 이러한 시나리오 구성을 위해 네트워크 모델링을 작성하였는데 이는 물류제약들의 적용 여부를 통해 제약요소가 네트워크 구성에 미치는 영향을 구분하기 위함이다.

본 연구에서 최적화 시뮬레이션 네트워크 모델링의 주요 컨셉은 [Figure 12]와 같이 4가지로 구분하였다.

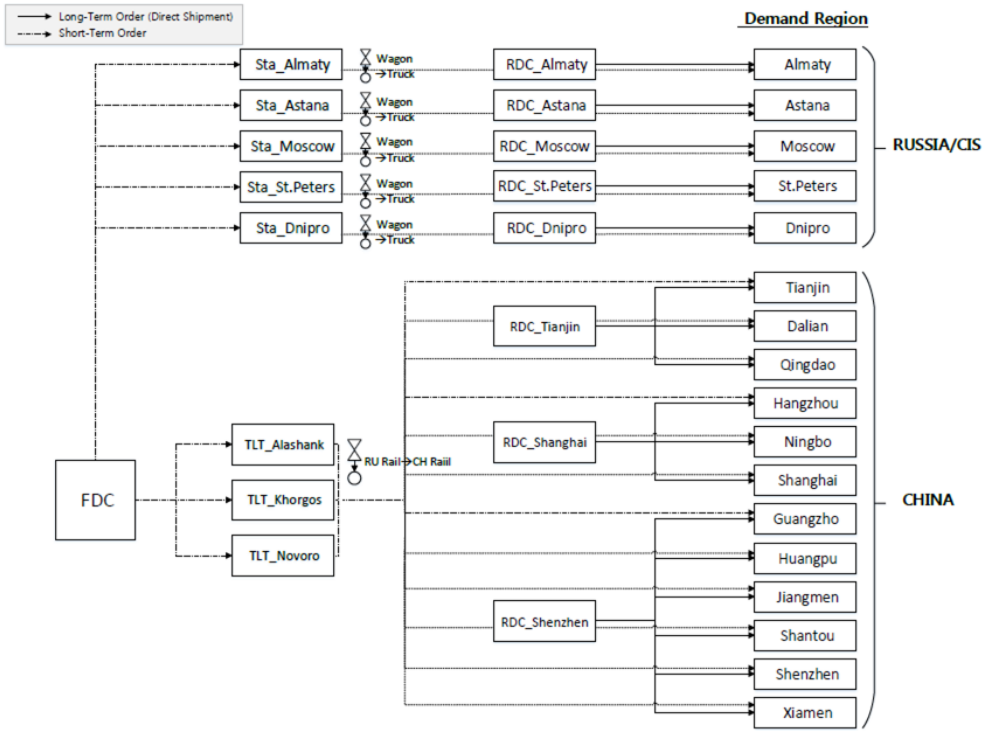
ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)



[Figure 12] Network Modeling Concept

첫 번째는 공장창고에서 HDPE와 LLDPE 2가지 제품이 왜건이나 컨테이너 2가지 운송용기 중 하나에 적재되어 이동하는 것이며, 두 번째는 거점 간 이동 시 Rail과 Vessel 2가지 운송모드와 왜건, 컨테이너 2가지 운송용기가 모두 활용가능하며, 세 번째와 네 번째는 각각 Rail과 Vessel을 활용하였을 경우, Rail Station의 조차장(Shunting Area)이나 Port의 컨테이너 Yard를 거쳐 고객의 서비스 레벨에 따라 지역 창고를 거치거나 직접 고객에게 배송되는 형태이다. 두 번째, 세 번째, 네 번째의 경우에는 필요에 따라 환적(운송 모드간 환적, 괘간 환적)이 이루어진다. [Figure 13]은 공장에서 중국과 CIS 지역으로의 수송(1st Transportation) 네트워크 모델링 결과이다.

이상의 공급 네트워크 모델링을 기반으로 하여 [Figure 14]와 같은 시나리오를 작성하였다. S0는 Service Level을 적용하지 않는 경우의 네트워크 유형으로 딜러(Dealer)고객의 장납기(Long term order) 주문이행만을 수행했을 경우의 공급체계에 대한 것이다.



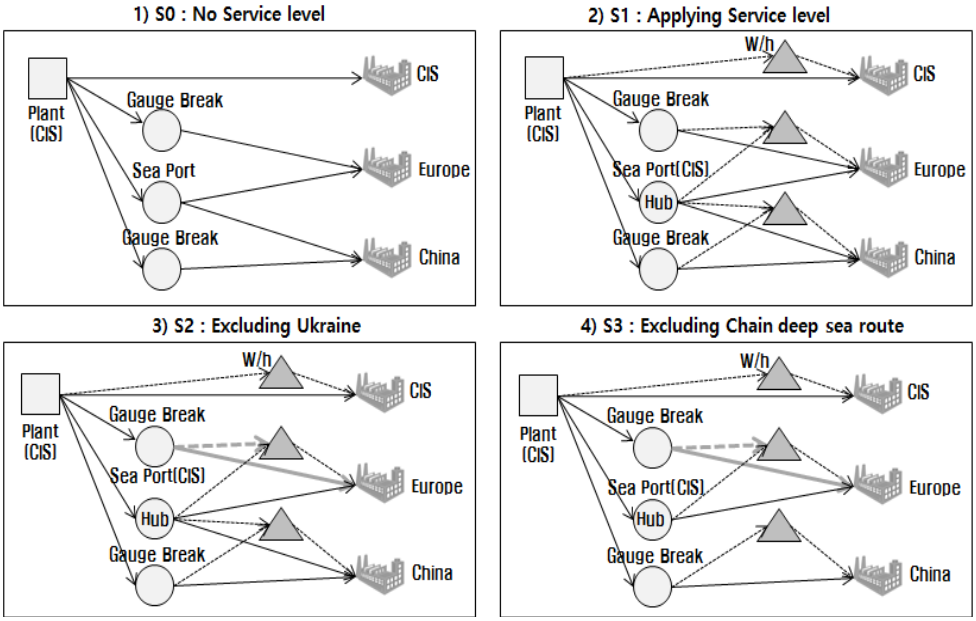
[Figure 13] Network Modeling for 1st Transportation of CIS and China

S1은 SL을 적용했을 경우의 네트워크 유형으로 딜러 고객 외에 단납기(Short term order) 주문에 대응하기 위해 수요지 인근에 지역센터(RDC)를 운영하는 형태이다. SL은 수요지역과 고객에 따라 확정된 단일의 데이터를 활용하였다. S2는 Rail 운송 시 하역을 위해 대규모의 투자가 필요한 지역의 운송루트를 제외한 시나리오이며, 실제 실무적으로 정성적 판단에 따른 것이다. S3는 중국向 운송루트 중 Deep sea를 활용하는 루트를 제외한 것으로 Vessel과 Rail 운송모드가 전체 네트워크 효율성에 미치는 영향을 구분하기 위한 것이다. S1과 S2의 Sea port는 가장 많은 물량이 집중되고 분산되는 Hub 센터로서의 역할을 수행한다. S3의 결과를 통해 Hub 센터의 효과성에 대한 분석이 가능하다.

4.4 최적화 시뮬레이션 결과

시나리오별 최적화 시뮬레이션 수행 결과를 요약하면 [Figure 15]와 같다.

S0과 S1의 결과를 비교해 보면 9개의 Facility에서 28개의 Facility로 증가하였다. 이는 S1의 경우 배송 lead time을 의미하는 Service Level 제약조건 적용에 따라 단납기 고객(End user)의 주문이행을 위한 창고가 증가했기 때문이다. 이는 총 수요량이 동일한 상황에서 고객형태에 따른 수요량 비율이 딜러 59%와 최종고객 41%로 최종고객(End User)의 비율을 증가시키면 전체 물류비가 7.7% 증가한다는 것을 의미하고 있어 향후 영업전략 수립에 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다. [Figure 16]는 S0과 S1의 1차 운송 시뮬레이션 결과이다.



[Figure 14] Scenario for Network Simulation

	S0	Ratio	S1	Ratio	S2	Ratio	S3	Ratio
W/h Fixed	298	0%	2,161	1%	2,124	1%	2,549	1%
Handling	5,571	4%	11,456	8%	10,965	7%	14,255	8%
Transportation	82,226	59%	96,503	64%	104,683	64%	121,209	68%
Delivery	50,915	37%	39,528	26%	39,217	24%	40,275	23%
Sum	139,009		149,650		156,990		178,289	
Cost per ton	172		185		194		220	
No. of Facility	9		28		27		29	

[Figure 15] Optimization Simulation Result by Scenario

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

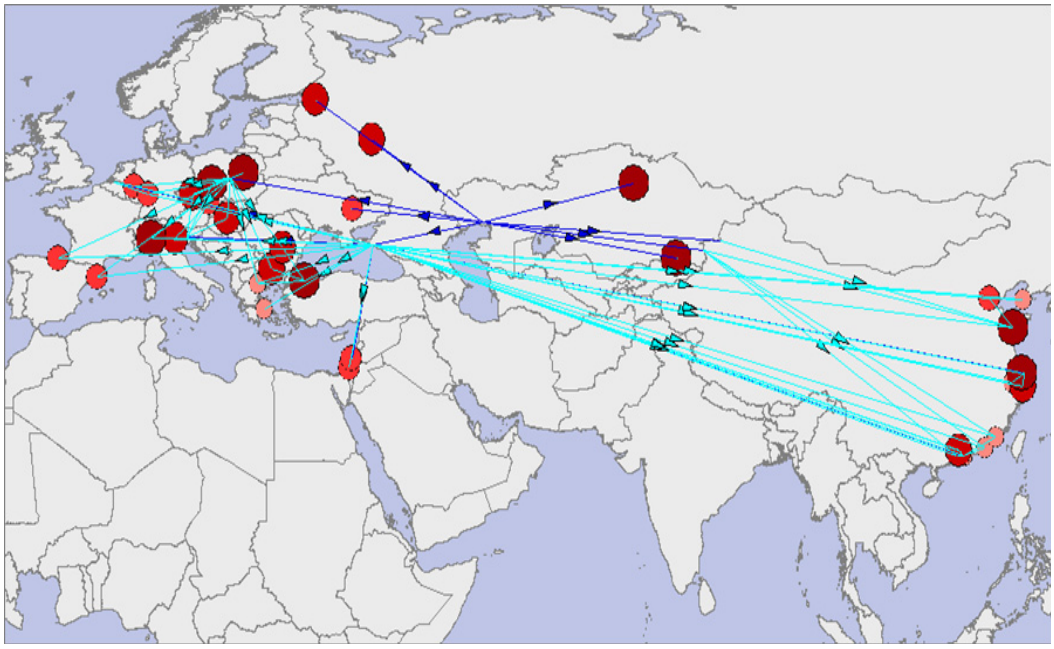
Facility	L/T	S0			S1		
		Wagon/CNTR	Ton	Ratio	Wagon/CNTR	Ton	Ratio
Sta_Almaty	15	1,945	81,684	10.1%	1,945	81,684	10.1%
Sta_Astana	15	740	31,066	3.8%	740	31,066	3.8%
Sta_Chop	12	5,115	214,824	26.5%	5,828	244,758	30.2%
Sta_Lodz	18	-	-	0.0%	831	34,891	4.3%
Sta_Dnipro	15	333	13,986	1.7%	333	13,986	1.7%
Sta_Moscow	16	449	18,865	2.3%	449	18,865	2.3%
Sta_Novoro	15	8,291	348,238	43.0%	8,651	363,341	44.8%
Sta_St.Peters	20	524	22,010	2.7%	524	22,010	2.7%
TLT_Malasz	15	1,890	79,364	9.8%	-	-	0.0%
TLT_Alashankou	18	-	-	0.0%	-	-	0.0%
TLT_Khorgos	17	26	563	0.1%	-	-	0.0%

[Figure 16] 1st Transportation of S0 and S1

앞서 기술된 4.2.3 물류거점의 형태분류와 같이 수송영역의 거점들은 대부분 Rail Station(Sta.)과 환적거점(TLT., Transloading Terminal)으로 구성되어 있으며, S0의 경우 중국向 물동량 중 호르거스(Khorgos)로 Container 26대(563톤)를 제외한 나머지 모든 물량은 Rail 왜건으로 운송된 것으로 나타났다. 2차 운송인 배송(Delivery) 영역의 거점 수와 형태를 보면 결과를 보면 S0는 4개의 환적 터미널과 5개의 Rail Station 거점으로 구성된 배송 네트워크인 반면에 S1은 3개의 환적 터미널, 5개의 Rail Station 거점, 20개의 지역별 창고로 구성된 배송 네트워크로 나타났다.

S2는 S1 대비 물류거점이 1개 감소하였지만 전체 물류비는 5%가 증가하였는데, 이는 생산공장에서 유럽으로 가는 운송경로와 환적 거점 중 우크라이나 지역을 제외하여 수송비가 증가한 결과이다. S3는 S2 대비 14%의 비용증가가 발생하였는데, 중국向 물동량이 Deep Sea가 아닌 Rail을 활용한 결과이다. 이는 S0, S1, S2에서 Sea port가 위치한 러시아의 노보로시스크 거점이 허브센터의 역할을 수행하며, 전체 물동량의 40% 이상이 경유되었으나, S3에서 중국向 물동량이 Rail을 활용한 TCR로 운송되어 허브센터로서의 기능을 상실하면서 운송비가 증가한 결과이다.

본 시뮬레이션의 결과로는 기업의 실무적 이슈가 반영된 S2가 최적의 물류 네트워크로 선정되었으며, [Figure 17]은 그 결과를 보여주고 있다.



[Figure 17] Optimization Simulation Result Map(S2)

5. 결론 및 시사점

본 연구는 고유의 물류환경과 지역적 특징을 갖고 있는 CIS지역을 대상으로 물류 네트워크 설계와 최적화를 기업 사례를 통해 실증하고자 하였다. 본 연구를 통해 확인된 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, CIS지역의 물류 네트워크는 Rail 기반의 Point to Point 보다는 Sea port를 기반으로 한 Hub & Spoke 유형이 가장 효과적인 전략이다. S1과 S2에서 러시아의 노보로시스크 Port 거점을 통해 운송되는 물량은 전체 연 생산량(80만톤)의 평균 45%가 통과하고 있어 실질적인 Hub 거점의 역할을 수행한다. S3 시나리오에서는 이 중 중국向 수출 물동량 19만 5천톤(24.4%)을 전부 Rail로 운송하였을 경우, 전체 물류비는 S2 대비 14%의 물류비 증가가 발생하였다. 그러나 중국向 물량을 Vessel로 활용할 경우 Rail의 35일 대비 60일 수준에 이르는 리드타임은 창고의 재고관리나 수요예측 관리 측면에서 Risk 요인으로 작용할 수 있어 보다 많은 안전재고와 창고규모가 증가한다는 문제가 있다. 그러나 전체 비용 측면에서 Vessel의 운임 경쟁력이 가장 큰 영향을 미치고, CIS 네트워크 설계 시 Sea Port의 확보가 가장 중요한 전략임을 시사하고 있다.

둘째, 공장 직송(Direct Shipment) 형태 대비 수요지 인근 지역창고(RDC) 기반의 배송 형태를 통해 서비스수준을 향상시켰을 때 전체 물류비의 영향은 크지 않다. CIS에서 유럽과 중국시장까지의 수출 운송은 장거리 Rail과 Vessel 수송으로 인해 전체 물류비에서 수송비(1st Transportation)의 비중이 60% 이상으로 높다. S0의 공장직송과 S1의 창고(RDC)배송의 운송비 변화를 비교해보면, 수송비는 S0 수송비 대비 10.3% 증가한 반면에 배송비는 S0 배송비 대비 8.2% 감소하는 것으로 나타나 운송비의 영향은 결국 2.2% 증가하는데 그쳤다. 이는 전체 물량 80만톤의 49%를 창고(RDC)배송으로 전환하여 고객배송 리드타임을 획기적으로 향상시켜 영업경쟁력과 추가적인 매출향상을 고려했을 때 충분한 타당성을 갖는다고 할 수 있다.

이상의 본 연구는 기존 연구결과에서 제시한 수리모형으로 연구모형을 설정하여 실제 시뮬레이션 툴로 그 모델의 효과를 검증하는데 태생적인 한계를 갖고 있으며, 특정 기업사례만을 대상으로 하고 있어 연구결과의 보편화에 문제를 안고 있다. 그러나 CIS 지역은 구소련연방 시절부터 이어온 폐쇄적 문화와 정보 접근성의 한계가 있다. 특히 물류환경에 대해서는 잘 알려지지 않았다. 따라서 CIS 자원분야에 투자 및 현지진출을 고려하는 기업들에게 본 연구결과가 후속 연구로 이어져 이 지역의 판매물류 네트워크 구축 및 사업전략 수립에 어느정도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

6. References

[1] Kim, Jeong-Hyuk, “A study on the unified model for supply chain network design”, 2004, pp.33-49

[2] Kim,Young-Chu, "A Simulation Study on Logistics Network Design for Total Logistics Cost Reduction", Myongji Universi, Department of Industrial and Management Engineering, 2013, pp.11-19

[3] Alessandro Creazza, "An Integrated model for designing and optimising an international logistics network", International Journal of Production Research, Vol.50,No11. pp.2925-2939.

[4] Kim, Ick-Jun “Analysis of Route Choice Determinants in International Freight Transportation : Focusing on the CIS Customs Unions and Subsequent Changes in Logistics Environment”, Inha University Graduate School of Logistics, 2013. pp.5-12

[5] Creazza, A., Dallari, F. and Rossi, T., 2011. Applying an integrated logistics network design and optimisation model: the Pirelli Tyre Case. International Journal of Production Research

[6] Kim, Sun-rae, "Russia - Eurasia Logistics Hub, TSR" Russia & Russian Federation, Vol 2., 2011, pp.40-43

[7] Park, Jong-Sam, "Korean Logistics Firms Advance Scheme for The Uzbekistan Logistics Market", 2010, Korea Logsitics Research Association, Vol. 21. pp.129-155

[8] Shin, Hyung-Suk,"Analysis of Korea-Russia Rail and Vessel Transportation" Inha University Graduate School of Logistics, , 2012

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

별 첨

[집합]

αi	거점 i 에 대한 고정비용
β_i^k	거점 i 에서 제품 k 를 취급하는 고정비용
γ_k^i	거점 i 에서 제품 k 한 단위 취급할 때 드는 변동비용
σ_{ij}^m	거점 i 에서 거점 j 로 운송수단 m 을 설정할 때 드는 고정비용
δ_{ij}^{km}	거점 i 에서 거점 j 로 제품 k 를 운송수단 m 으로 한 단위 운송할 때 드는 변동비용
ω_{ip}^k	거점 i 내에 프로세스 p 에서 제품 k 를 취급할 때 드는 고정비용
ϕ_{ipq}^k	거점 i 내에 프로세스 p 에서 프로세스 q 로 제품 k 를 한 단위 보낼 때 드는 변동비용

[입력상수]

N	거점들의 집합	R_N	제품 변환 프로세스
N_o	출발지(예: 공장)	R_r	종료 프로세스
N_r	중간 경유지(예: 창고)	M	운송 수단의 집합
N_p	최종 도착지(예: 고객)	A	거점 간 링크의 집합
R	거점 내 프로세스의 집합	V	거점 내 프로세스간 링크의 집합
R_S	시작 프로세스	K	제품의 집합

[의사결정변수]

Y_i	거점 i 가 열리면 1, 그렇지 않으면 0
Z_i^k	거점 i 가 제품 k 를 취급하면 1, 그렇지 않으면 0
Q_k^i	거점 i 가 제품 k 를 취급하는 양
I_{ip}^k	거점 i , 프로세스 p 에서 제품 k 를 취급하면 1, 그렇지 않으면 0
F_{ipq}^k	거점 i , 프로세스 p 에서 프로세스 q로 이동하는 제품 k 의 양
L_{ij}^m	거점 i 에서 거점 j 로 운송수단 m 을 사용하면 1, 그렇지 않으면 0
X_{ij}^{km}	거점 i 에서 거점 j 로 제품 k 를 운송수단 m 을 사용하여 운송한 양
C_i	거점 i 의 처리용량(Capacity)

저 자 소 개

남 상 신

경희대학교 영문학과를 졸업하고 한국외대 경영정보대학 경영학 석사를 취득하였으며, 현재 명지대학원 산업경영공학과 박사과정에 있다. 현재 범한판토스에 재직하고 있다.
관심분야 : SCM, 네트워크 및 수배송 최적화, WMS 등

강 경 식

인하대학교 산업공학과에서 학사·석사·박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사·박사 취득. North Dakota State Univ. 에서 Post-Doc과 Adjunct Professor 역임. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직중. 주요 관심분야는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등이다.