

# 부산항을 중심으로 한 동남아 항만 물동량의 최적 환적 거점 선정에 관한 연구 : 시뮬레이션 분석 방법으로

임세진\* · 정석재\*<sup>†</sup> · 김경섭\* · 박윤선\*\*

\*연세대학교 정보산업공학과  
\*\*명지대학교 산업시스템공학부

## Selection of the Optimal Transshipment Port Based on the Port Traffic of Southeast Asia

Se-jin Lim\* · Suk-jae Jeong\*<sup>†</sup> · Kyung-sup Kim\* · Youn-sun Park\*\*

\*Industrial & Information Engineering, Yonsei University

\*\*Industrial & System Engineering, Myongji University

Recently, the increasing trend for the transshipment traffic of Busan port in Korea is slowing down because of the extensive development plan of domestic ports in china. For solving this problem, Korea is going on the project for pre-occupying the transshipment port for attraction of port traffic from the newly potential markets(NPM) based on the Northeast Asia area. As a part of the project, this paper proposes the efficient methodology for selecting the optimal shipping network and strategic transshipment port within NPM using the mathematical models and simulation analysis. For that, we firstly find the alternative transshipment ports within NPM through the status analysis of the current port traffic and shipping network and then, we choose the candidate transshipment-ports in order of minimizing the transport costs through the mathematical approach. With the scenarios based on the selected transshipment-ports, we perform the simulation analysis for choosing the optimal transshipment-ports and the shipping network minimizing the total costs and times concurrently. We expect that the results of this paper will be used efficiently when korea select the strategic transshipment-port in the future.

**Keywords** : Shipping network analysis, Selection of transshipment-port, Busan Port

### 1. 서 론

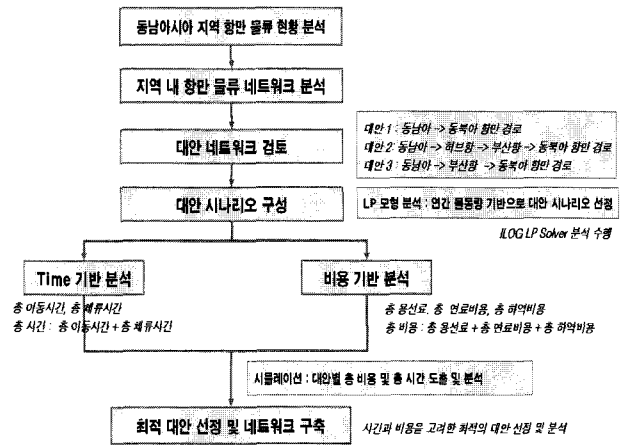
최근 국내외적으로 물류가 높은 관심의 대상이 되고 있다. 물류가 단지 제조, 유통업을 지원하는 수송, 보관, 하역 등의 서비스를 제공하는 측면뿐만 아니라 가공, 조립, 포장 및 물류관리, 컨설팅 등 서비스 범위가 다양해지면서 고부가가치를 창출할 수 있는 새로운 성장 원

동력으로 주목받고 있는 것이다. 국제적으로도 물류의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 기업의 생산, 유통 활동이 국제화되면서 이를 지원하는 물류서비스도 국제화되고 있으며, 글로벌 물류기업들은 M&A를 통해 물류네트워크를 국제화하면서 다국적 생산, 유통 기업들에게 종합물류서비스를 제공하고 있다. 그 중 해운 물류분야에 있어서, 최근 중국 항만의 광범위한 개발계획에 따

<sup>†</sup> 교신저자 jae7811@yonsei.ac.kr

큰 우리나라 항만의 환적 물동량의 증가세가 둔화되고 있고, 신흥잠재시장의 물동량 증가세가 지속되고 있어, 우리나라 및 세계 글로벌 기업의 신흥 잠재시장으로의 진출이 가속화 되고 있는 실정이다. 이에 우리나라의 동북아 물류중심지화를 위한 노력이 상당한 성과를 거두고 있는 것이 사실이나, 각계에서 지적하는 바와 같이 최근 들어 많은 어려움을 겪고 있는 것도 사실이다. 중국이 자국에서 발생하는 물동량을 처리하기 위해 2005년 개장한 상해 양산항이 연 20% 이상의 물동량 증가율을 보이면서, 상해항은 총 물동량 기준 세계 1위, 컨테이너 처리실적 기준 세계 3위를 기록하고 있으며, 산동성과 발해만권의 공, 항만 물류시설도 대폭 확충되고 있다. 물류허브의 지표라고 할 수 있는 환적률을 살펴보면, 부산항의 환적물동량 증가율은 최근 회복세를 보이고 있으나 지난 2001년 23%에서 2006년에는 0.6%의 수준으로 급격히 낮아진 바 있다. 이에 대응해 정부는 기존의 ‘동북아 물류 허브화’ 전략을 환경변화에 맞게 보완하여 더욱 강화된 허브화 전략을 모색하고 있다. 그 동안의 허브화 전략은 중국, 일본 등 주요 공, 항만과의 경쟁적 구도에 기초하여 인프라 확충과 환적 화물의 양적인 확보에 초점을 맞춰왔지만, 지금은 단일 허브구조에서 벗어나 복수 허브 간 네트워크 구축 및 연계 필요성이 높아지고 있다. 앞으로 동북아 물류 허브화를 강화하기 위해서는 물류거점 간 네트워크를 기반으로 하는 협력관계를 형성하면서 각자가 비교우위를 발휘할 수 있는 합리적인 분업을 통한 협력적 경쟁구도를 구축할 필요가 있다. 이러한 이유로 최근 우리나라는 부산항을 중심으로 물동량의 증가세가 뚜렷한 신흥잠재시장인 동남아 지역에 화물 물동량의 환적 거점 확보를 위한 프로젝트를 추진 중에 있다. 본 연구는 해당 프로젝트의 일환으로 <그림 1>과 같이 신흥잠재시장 항만과 부산항을 거점으로 하는 최적의 신흥잠재시장 항만 해운네트워크를 구축하고 신흥잠재시장 내 전략적 환적 거점을 선정하기 위한 분석을 수행하고자 한다.

제 2장에서는 부산항을 중심으로 한 발전방향에 관한 기존 연구 문헌을 통해 본 연구의 필요성을 확인하고, 제 3장에서는 동남아 신흥잠재시장 항만의 물동량 및 현존하는 해운네트워크를 분석하여 후보 환적 거점 대상을 선정하고, 제 4장에서는 선정된 거점에 대하여 수리 모형을 통해 총 비용 관점에서 최종 대안 환적 거점을 결정하고 그에 따른 연구 가설을 설정한다. 제 5장에서는 결정된 환적 거점별 시나리오를 구성하고, 시뮬레이션을 통하여 환적 거점별 해운네트워크를 모델링하고, 제 6장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 총 비용 및 시간 관점에서 통계적 검증을 하여 최적의 환적 거점 및 환적 거점을 중심으로 한 해운네트워크를 선정하고자 한다.



<그림 1> 연구 흐름도

## 2. 기존 연구 고찰

중국의 급성장에 따른 물동량 급증에 힘입어 지난 20세기 후반 이후 가장 역동적인 변화를 보여 온 동북아 항만들의 중심항 경쟁은 갈수록 치열해지고 있다. 또한 그동안 지역균형개발 등을 이유로 중추항만 육성을 소홀히 해온 일본 역시 세계적인 흐름을 수용하여 슈퍼중추항만 육성에 박차를 가하고 있다. 그러하기에 우리나라도 부산항만을 사상 최대의 동북아 중추항만으로의 개발을 위해서는 중국과 자국항만의 경쟁력 회복을 위해 획기적인 항만정책을 도입하고 있는 동북아 국가의 움직임에 대한 적절한 대책 마련이 시급한 상황이다. 이에 우리나라는 각 분야에서 동북아 물류 중심지로의 부산항 발전과 관련된 많은 연구가 이루어지고 있다. 공덕암[1]은 부산진해 신항만의 동북아 허브 PORT 전략에 관한 연구를 통해 부산항이 동북아 허브항으로써의 발전할 수 있는 전략에 관하여 서술하였다. 임종관[6]은 항만은 글로벌 시스템내에서 자신의 역할을 수시로 재평가하고 있으며 이러한 재평가를 기초로 발전 전략을 추구한 결과 Hub-Port가 출현하였다고 하였으며, Hub-Port는 세계 경영 환경의 변화와 해운 산업의 발전적 측면에서 그 필요성이 제기 되었다고 하였다. 양성모, 진종관[5]은 부산항과 동북아의 경쟁항만과의 비교 연구를 통해 국제 물류 기지화에 대한 부산항의 현황에 대한 연구를 수행하였다. 한철환[8]은 상하이의 양산항과 부산항의 경쟁력 비교를 통해 부산항의 발전방향에 대한 연구를 진행하였다. 또한 부산광역시에서는 1998년에 부산을 동북아 물류중심도시로 육성하기 위한 연구를 통해 부산항의 향후 발전에 관한 포럼을 개최하기도 하였다. 하지만 이러한 연구들의 공통점은 대부분 정성적인 분석에 국한되어 있다고 할 수 있다. 의사결정을

함에 있어서 정성적인 분석도 중요하지만 정량적인 분석도 함께 고려되어야 하기 때문에 본 연구에서는 비용과 시간 측면의 정량적인 분석을 통해 의사결정을 지원하는데 중점을 두고 연구를 진행하였다.

### 3. 동남아 신흥잠재시장 항만 분석

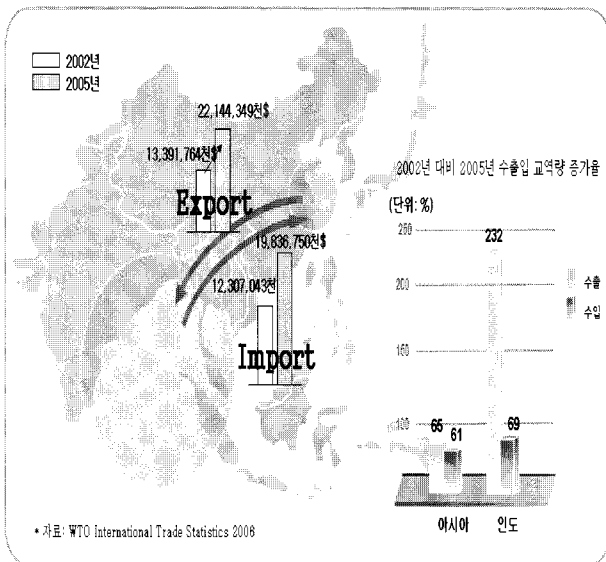
해운네트워크 구축을 위한 후보 환적 거점 대상 항만을 선정하기 위하여 동남아시아의 신흥잠재시장 항만을 분석하고 이를 토대로 연구모형을 수립하고자 한다. 그러므로 본 연구에서는 동남아시아의 각 나라별로 물동량이 많은 항만들을 기준으로 항만의 현재 현황과 해운네트워크에 관하여 다음과 같이 분석하였다. 최근 5년간 신흥잠재시장 국가 중 한중일과 가장 높은 교역규모를 자랑하는 국가는 <그림 2>에서도 볼 수 있듯이 인도를 들 수 있는데 한국과는 수출이 232%, 수입이 69%에 달하고, 중국과는 234%, 329%, 일본과는 65%, 34%이다. 2000년 이후 우리나라는 신흥잠재시장 국가의 교역규모 측면에서 인도, 말레이시아, 베트남 순으로 높은 교역율을 나타내고 있다. 베트남의 경우는 최근 5년간(2001~2005) 연평균 7.5%에 육박하는 눈부신 경제성장률과 높은 외국인 직접투자(FDI)등을 기반으로 최근 중국 이외의 지역거점으로서 최대의 각광을 받고 있다.

동남아시아 신흥잠재 국가별로도 증가하는 물동량을 취급하기 위하여 주요 항만 개발 계획을 세우고 있는데, 인도의 자와하랄네루항은 1억 9,500만 달러를 투자하여 2006년 3월 벌크터미널을 BOT방식으로 컨테이너

터미널로 전환을 추진 중에 있고, 베트남의 호치민항과 하이퐁항은 선석을 증가하고 심수항만 개발을 추진 중에 있다. 인도네시아의 탄중 프리옥항은 2010년까지 안벽길이 300m 선석을 개발 추진 중이고, 탄중페락항은 2007년까지 200만 TEU 처리능력의 컨테이너 터미널의 개발을 추진 중이다. 말레이시아의 포트클랑항은 2007년까지 Westport 배후부지 24,000㎡ 건설을 추진 중이고, 탄중 펠레파스항은 개발3단계, 4단계 사업을 추진 중에 있다. 태국의 람차방항은 2007년~2010년까지 LCIT Terminal C3을 건설 계획에 있고, 연간처리능력 700만 TEU의 컨테이너 터미널 3단계 개발을 추진 중에 있다.

미얀마의 칠라와항은 연간처리능력 100만 TEU의 국제 컨테이너 터미널 2단계 공사를 진행 중에 있으며, 필리핀의 마닐라항은 마닐라 북쪽에 위치한 수빅만 지역에 신규 국제 컨테이너 터미널 개발을 추진 중이다. 신흥잠재시장에 대한 국내기업과 Global 기업, 그리고 Global 물류기업의 진출패턴을 분석해 보면, 인도에 뉴델리, 첸나이, 뭄바이 등 가장 많은 생산/판매거점을 확보하고 있고, 말레이시아, 태국 베트남(호치민, 하노이 등) 등에도 상당수 진출해 있음을 알 수 있다. 다만, 인도, 베트남을 비롯한 신흥잠재시장 진출을 위해서는 열악한 사회 인프라와 편중된 산업구조, 정치/사회의 불안정 등과 같은 제약요소들을 다각적인 측면에서 고려해야 할 것이다. 한편, 향후 경제/물류환경에 세계 주요 권역별, 인도, ASEAN 등 신흥잠재시장과의 FTA 체결 및 협상에 따라 크게 달라질 수 있으므로 지속적인 관심과 준비가 필요하다. 그러므로 이들 나라들도 후보 환적 거점 대안으로 본 논문에서 분석이 필요하다고 할 수 있겠다.

이처럼 동남아시아에서 신흥잠재시장 항만의 물동량 증가와 항만 개발 계획을 분석한 결과 본 논문에서는 인도, 말레이시아, 인도네시아, 태국, 베트남, 방글라데시, 미얀마, 필리핀 8개국에서의 26항을 후보 환적 거점(허브항) 대상으로 선정하였다.



<그림 2> 한국과 인도/동남아시아간 교역구조

### 4. 연구모형

#### 4.1 대안 시나리오 구성

본 연구 모형은 동남아에서 발생하는 수출 물동량에 대하여 동북아 지역으로 배송되는 물동량에 한해 <그림 3>에서와 같이 3개의 대안으로 구성된다. 한편 선박 경로는 <그림 4>에서와 같이 현재 선사에서 운영되고 있는 정기선 항로 중에 가장 빈번히 발생하는 항로를 대상으로 선정하였다.



<표 1> 연구 가설 세부 내용

가 설		가설 세부 내용
H-1		단일 허브항 네트워크가 직접 수송 네트워크보다 운영상의 효과가 있을 것이다.
세부 가설	H1-1	단일 허브항 네트워크가 직접 수송 네트워크보다 수송 비용의 절감효과가 있을 것이다.
	H1-2	단일 허브항 네트워크가 직접 수송 네트워크보다 수송 시간의 절감 효과가 있을 것이다.
H-2		단일 허브항 선정시 부산항을 선택하는 것이 운영상의 효과가 있을 것이다.
세부 가설	H2-1	단일 허브항으로 부산항을 선택하는 것이 수송 비용의 절감효과가 있을 것이다.
	H2-2	단일 허브항으로 부산항을 선택하는 것이 수송 시간의 절감효과가 있을 것이다.
H-3		부산항을 기준으로 복수 허브항을 선택하는 것이 단일 허브항보다 운영상의 효과가 있을 것이다.
세부 가설	H3-1	복수 허브항이 단일 허브항보다 수송 비용의 절감효과가 있을 것이다.
	H3-2	복수 허브항이 단일 허브항보다 수송 시간의 절감효과가 있을 것이다.

## 5. 연구 방법

### 5.1 수리모형을 통한 대안 허브항 선정

본 연구에서는 신항잠재시장 항만 분석을 통해 선정된 26개의 동남아 지역의 후보 허브항을 대상으로 비용적인 관점에서 복수 허브항 해운네트워크를 수립하기 위한 최종 대안 허브항을 결정하기 위하여 선형계획법을 통한 수리모형을 적용하였다. 단, 수리모형은 부산항을 허브항으로 동남아 지역에 보조허브항을 결정하기 위해 사용되는 모델이기 때문에 동북아로 수송되는 모든 선박의 경로는 부산항을 거치는 것을 원칙으로 한다.

#### 5.1.1 기 호

$i$  : 동남아 항만

$j$  : 동북아 항만

$p$  : 부산항을 거치는 선박 경로

$k$  : 후보 허브항

$AL_{pi}$  : 전체 물동량에서 동남아 항만  $i$ 에서 경로  $p$ 를 통해 수송되는 물동량이 차지하는 비율

$AD_{pj}$  : 전체 물동량에서 선박 경로  $p$ 를 통해 동북아 항만  $j$ 로 배송되는 물동량이 차지하는 비율

$D_{ij}$  : 동남아 항만  $i$ 에서 동북아 항만  $j$ 로 수송되는 전체 물동량

$X_{pijk}$  : 경로  $p$ 를 통해 보조 허브항  $k$ 를 지나는  $i \rightarrow j$ 의 물동량

$C_{pijk}$  : 경로  $p$ 를 통해 보조 허브항  $k$ 를 지나는  $i \rightarrow j$ 의 물동량에 대한 단위당 수송 비용

$Y_{pk}$  : 선박 경로  $p$ 가 허브항  $k$ 를 지나는 경우에 1, 아니면 0을 가지는 이진변수

#### 5.1.2 수리모형

$$\text{Min} \sum_{p,i,j,k} C_{pijk} \times X_{pijk}$$

$$\sum_k X_{pijk} \leq AL_{pi} \times AD_{pj} \times D_{ij} \quad \forall p, i, j \quad (1)$$

$$Y_{pk} \geq \sum_{i,j} X_{pijk} \div \sum_{i,j} D_{ij} \quad \forall p, k \quad (2)$$

$$\sum_k Y_{pk} = 1 \quad \forall p \quad (3)$$

$$D_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

의사결정 변수는  $X_{pijk}$ 로써, 선박경로  $p$ 를 통해 동남아 항만  $i$ 로부터 보조허브항  $k$ 를 지나 동북아 항만  $j$ 로 수송되는 물동량이며, 물동량의 배송에 따른 전체 비용을 최소화 하는 허브항을 선정하기 위한 수리모형을 구축하였다. 제약식 (1)은 선박 경로  $p$ 를 통해 동남아 항만  $i$ 에서 동북아 항만  $j$ 로 허브항  $k$ 를 지나는 모든 물동량은 동일한 경로  $p$ 를 통해  $i$ 에서  $j$ 로 이동하는 전체 물동량을 초과할 수 없다. 이는 특정  $p$ 경로 내에서 이동되는 모든 물동량이 반드시  $p$ 경로 내의 허브항을 통해 이동되는 것은 아닌 것을 의미한다. 식 (2)는 전체 물동량 중에서 대안 허브항  $k$ 와 선박의 경로  $p$ 를 통해 동남아 항만  $i$ 에서 동북아 항만  $j$ 로 수송되는 물동량은 선박의 경로  $p$ 를 통해 대안 허브항  $k$ 를 지나는 경로가 있어야 한다는 것을 의미한다. 식 (3)은 하나의 대안 허브항  $k$ 를 지나야 한다는 것을 의미한다. 식 (4)는 동남아 항만  $i$ 에서 동북아 항만  $j$ 로 수송되는 물동량은 존재해야 한다는 것을 의미한다.

구축된 수리모형의 해를 도출하기 위해 ILOG CPLEX가 사용되었으며, 분석 결과를 바탕으로 총 비용이 낮은 순으로 싱가포르, 홍콩, 호치민, 포트클랑, 탄중펠레파스, 상해, 카오슝 등 시뮬레이션 분석을 위한 7개의 최종 대안 허브항이 결정되었다.

### 5.2 시뮬레이션을 통한 비용 및 시간 분석

수립된 연구 모형을 기반으로 연구 가설 검증을 통해 최적 해운네트워크를 결정하기 위한 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 시뮬레이션 모델은 크게 본 연구에서 고려하는 각 대안에 대한 3개의 모델과 각 대안별 세부 분

석을 위한 하위 모델(직접 수송 1개, 복수 허브항 7개, 단일 허브항 5개)들로 구성된다. 대안 2에서 복수 허브항은 앞에서 언급한 바와 같이 수리모델을 통해 선정되었고, 대안 3에서의 단일 허브항은 부산항을 포함하여 항만 물동량의 규모가 큰 동남아(홍콩)와 동북아 항만(상해)을 하나씩 선정하였으며, 부산항과 상해항에 대해서는 동남아의 지리적 조건으로 인해 동남아에 경유항을 두는 모델을 추가하였다. 단, 경유항에서는 환적 작업이 이루어지지 않는다.

5.2.1 입력 데이터 및 시뮬레이션 가정 사항

입력 데이터는 물동량의 이동을 위한 선박발생에 관한 내용과 그에 따른 수송비용과 수송시간에 관련된 내용이 포함된다. 선박 발생 부분은 한진 물류 연구원에서 제공한 선박의 운행 간격을 바탕으로 Arena Input Analyzer 기능을 통해 적합한 확률 분포를 Fitting 하여 그 결과에 따라 지수분포를 활용하였다. 수송비용 관련 데이터로는 선박 용선료, 연료비, 항만 하역비용이 포함되어 있는데 하역비용의 경우는 한진 물류연구원에서 제공하는 실제 데이터를 이용하여 구성하였고, 용선료와 연료비의 경우는 선박의 운행일수와 선박의 크기에 따른 속도와 연료소모량의 범위를 Uniform 분포를 사용하였다. 수송시간 관련 데이터로는 선박의 크기에 따른 속도의 범위를 고려한 선박 이동시간과 선박이 허브항, 부산항 혹은 동북아의 각 항에서 환적을 위해 발생하는 정박시간이 포함된다. 각 항목에 대한 세부적인 입력 데이터는 한진 물류 연구원에서 제공한 <표 2>와 같다. 또한 항만과 항만사이의 이동거리는 해양수산부에서 제공한 항만간 이동 거리표를 기반으로 정의하였다.

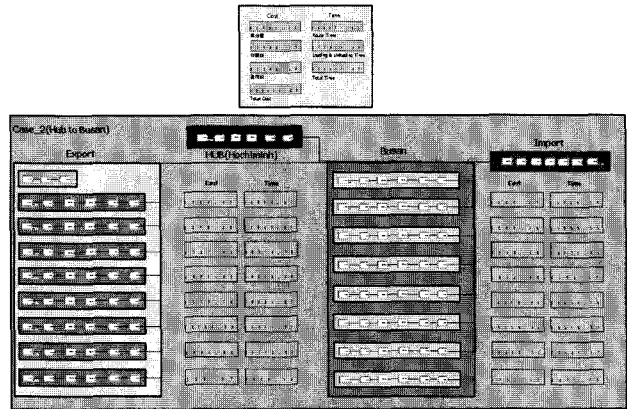
<표 2> 시뮬레이션 입력 데이터

		출처: 한진 물류 연구원							
수송비용	선박 용선료	1일 기준 선박의 TEU 단위 용선료(\$10.66) * 선박운행일수 * 선박 TEU							
	선박 연료비	1일 기준 선박 15일 단위 연료비(\$368) * 선박 운행일수 * 선박 TEU급별 ts							
항만 단위 하역비용 (부산기준)	부산	\$70	\$91	\$91	\$35	\$49	\$49	\$64	\$49
	싱가폴								
	홍콩								
	호치민								
	프톨쿨람								
	탄중발레파스								
	상해								
	카이슈								
수송시간	선박 이동시간	항만간 Distance / 선박 TEU급별 평균 속력(m)							
	선박 정박시간	허브항, 부산항: 선박당 2일 환적 시간 발생 동북아 항: 선박당 1일 환적 시간 발생							
선박 종류	1080TEU급 미만	400TEU급	13.2 - 15.5	12.1 - 17.5					
		700TEU급	14 - 18	22 - 33					
		900TEU급	18 - 19	33 - 38					
		1200TEU급	18 - 22	47.5 - 63					
		1500TEU급	18.2 - 23.5	48 - 75					
	2000TEU급 미만	1800TEU급	19 - 25	63 - 78.8					
		2500TEU급	20 - 27	67 - 95					
		속도(m)							
		단위 연료 소모량(ts)							
		단위 TEU당							

5.2.2 시뮬레이션 모델 구축

시뮬레이션 모델은 ARENA를 이용하여 구현되었으며, 수립된 모델은 <그림 6>과 같이 동남아 항만, 복수 허

브항, 단일 허브항(부산항), 동북아 항만으로 연결되는 4가지 템플릿으로 구성하였다. 각 템플릿별로 선박 발생, 환적, 수송과 관련된 3가지 기본 로직으로 구성하였고, 시뮬레이션 기간은 Warm-up period 35일을 포함하여 총 400일로 10회 반복 수행하였다.



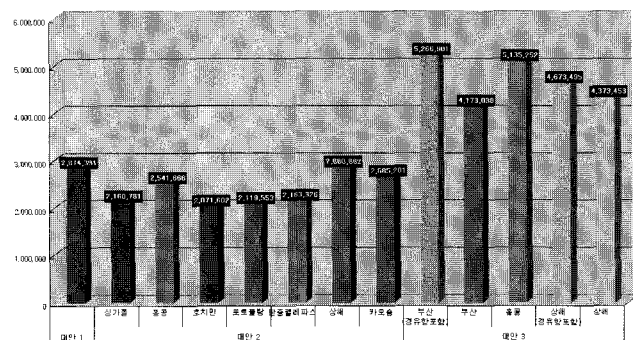
<그림 6> 시뮬레이션 모델 뷰어-대안 2

5.2.3 시뮬레이션 결과

		비용				시간		
		용선료	연료비	환적비	정박비	수송시간	환적시간	총 시간
대안 1	대안 1	1,233,251.24	1,624,958.18	0.00	2,857,209.42	1,707,515.31	911,448.06	2,679,963.31
	싱가폴	674,310.45	910,474.96	577,581.81	2,162,777.02	2,436,734.31	2,919,573.80	5,356,308.11
	홍콩	869,260.43	1,175,503.75	577,486.56	2,622,550.74	3,389,409.34	2,907,265.60	6,276,674.94
	호치민	725,200.65	980,273.91	366,828.70	2,072,303.26	2,716,680.37	2,915,212.80	5,631,893.17
	프톨쿨람	722,489.41	975,735.54	419,161.61	2,117,492.50	2,501,691.61	2,917,994.40	5,519,676.21
대안 2	탄중발레파스	750,324.94	1,013,031.14	418,884.62	2,182,843.70	2,782,936.01	2,916,612.00	5,679,748.01
	상해	1,046,418.75	1,415,773.90	419,628.28	2,881,821.93	4,082,570.63	2,897,899.20	6,980,470.03
	카이슈	907,681.26	1,228,036.35	551,191.62	2,686,692.23	3,544,413.62	2,904,940.80	6,449,354.42
	부산 (경유항 포함)	2,153,899.52	2,852,539.08	283,368.70	5,269,800.30	3,953,475.80	1,773,576.00	5,727,051.80
	부산	1,676,757.45	2,229,967.06	284,523.30	4,171,253.81	3,336,658.13	1,776,720.00	5,115,378.13
대안 3	홍콩	1,645,517.15	3,152,624.48	344,020.95	5,142,162.56	3,642,124.54	1,775,568.00	5,417,692.54
	상해 (경유항 포함)	1,932,031.41	2,565,282.27	184,864.75	4,683,178.43	3,660,236.08	1,773,815.00	5,634,052.08
	상해	1,790,650.50	2,392,393.19	185,064.27	4,376,127.95	3,693,045.22	1,774,968.00	5,468,015.22

<그림 7> 시뮬레이션 결과

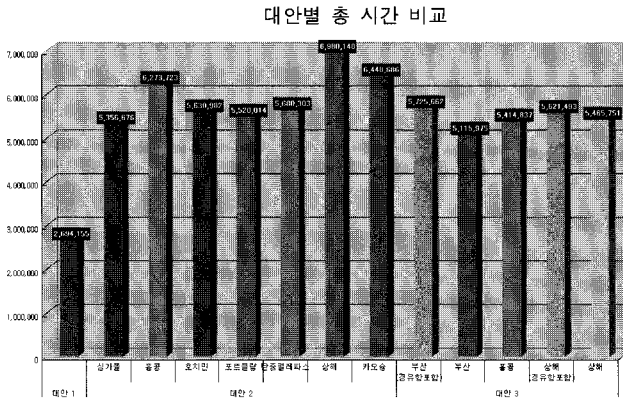
대안별 총비용 비교



<그림 8> 시나리오별 총비용 비교

시뮬레이션 분석 결과 총비용 측면에서는 <그림 8>

과 같이 현재 운영되고 있는 직접수송 네트워크 대안이 단일 허브항을 두는 네트워크 대안 보다 효율적이라고 할 수 있다. 그리고 복수 허브항 네트워크로 동남아에 보조 허브항을 두는 네트워크는 비용 측면에서 단일 허브항을 두는 네트워크보다 훨씬 더 효율적이라고 할 수 있다. 결과적으로 총비용 측면에서는 복수 허브항 해운 네트워크 정책 운영의 필요성을 강조하고 있다.



<그림 9> 시나리오별 총시간 비교

총 수송시간 측면에서는 <그림 9>와 같이 환적을 위한 정박시간을 필요로 하지 않는 직접배송 네트워크 시나리오가 단일 허브항, 복수 허브항 네트워크 시나리오보다 효율적인 결과를 나타내는 것을 볼 수 있다.

### 6. 가설 검증 및 결과 분석

본 연구에서는 앞서 수립된 연구 가설에 대해서 대안별 총비용과 총 수송시간에 관한 비교 가설과 각 대안의 시나리오별 총 비용과 총 수송시간에 관한 가설로 구분하여 시뮬레이션 비용/시간 분석 결과를 통하여 가설 검증을 수행하였다.

#### 6.1 분산분석을 통한 통계적 검증

대안별 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 네트워크의 변경이 시나리오별 총 비용과 수송시간에 영향을 주어 시나리오간에 서로 차이가 있음을 분석하고, 또한 각 대안내 허브항의 위치 변경이 시나리오별 비용에 영향을 미치는지 여부를 판단하기 위하여 분산분석을 수행하였다.

분산분석 수행 과정은 첫째, 3개의 대안(직접배송, 복수 허브항, 단일허브항)에 대하여 총비용과 총 수송시간을 종속변수로 하여 일원분산분석을 통해 항만 해운네

트워크의 변경이 항만 물동량 공급 사슬에서 발생하는 총비용과 총 수송시간 측면에 영향을 미치는지를 분석하였다. 둘째, 복수 허브항과 단일 허브항 대안 각각에 대하여 허브항의 위치에 따라 발생하는 총비용과 총 수송시간에도 차이가 있는지를 알아보기 위하여 일원분산분석을 수행하였다.

아래의 내용은 총비용과 총 수송시간을 기준으로 앞서 언급한 두 가지 분석 과정을 보여주고 있다.

- ① 네트워크의 변경이 항만 물류비용과 수송시간에 미치는 효과 분석을 위한 일원배치 분산분석(대안 1, 2, 3 비교 분석)

종속변수	N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰 구간		최소값	최대값
					하한값	상한값		
총비용	10	2897309.4	87760.982	27764.952	2624523.3	2950085.5	2819788	3130795
	70	2389520.3	307840.80	36794.013	2316118.3	2462922.4	2070288	2885733
	130	467408.8	545191.42	77101.710	4516467.1	4826350.5	2306271	5275649
합계	130	3305461.2	1164521.1	102135.26	3103394.1	3507538.3	2070288	5275649
총수송시간	10	2678963.3	18894.129	5974.8496	2655447.3	2692479.4	2643428	2705872
	70	5984635.0	554499.30	66275.343	5952919.3	6117050.7	5553665	6983017
	130	5472363.9	212557.09	30060.112	5411959.9	5532772.0	5112633	5729905
합계	130	5533432.9	961919.76	84365.944	5366512.9	5700953.0	2643428	6983017

종속변수	집단-간 (조합법)	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
총비용	집단-간 (조합법)	2,683E+14	2	7,888E+13	461,167	.000
	선형항	2,683E+13	1	2,683E+13	159,106	.000
	가중되지 않음	1,101E+14	1	1,101E+14	660,999	.000
	가중됨	4,362E+13	1	4,362E+13	261,634	.000
총수송시간	집단-간 (조합법)	2,117E+13	127	1,657E+11	259,962	.000
	선형항	1,749E+13	129	1,356E+11	952,429	.000
	가중되지 않음	9,593E+13	2	4,796E+13	3,045	.000
	가중됨	6,503E+13	1	6,503E+13	73,645	.000
총수송시간	집단-간 (조합법)	8,230E+13	127	6,480E+11	446,079	.000
	선형항	2,343E+13	127	1,845E+11	1,045E+01	.000
	가중되지 않음	1,194E+14	129	9,252E+11	5,945E+01	.000
	가중됨	1,194E+14	129	9,252E+11	5,945E+01	.000

Scheffe		평균차 (I-J)	표준오차	유의확률	95% 신뢰구간		
종속변수	(I) 네트워크구성				(J) 네트워크구성	하한값	상한값
총비용	1	2	497789.07486*	138032.55	.002	156895.97	839682.18
	3	1	-1784039.41*	141441.28	.000	-2134436	-1433763
	2	1	-497789.075*	138032.55	.002	-839682.2	-156895.0
총수송시간	1	2	2281888.489*	75003.546	.000	2469151	2094626
	3	1	-1784039.414*	141441.28	.000	-1433763.2	2134435.5
	2	2	2281888.489*	75003.546	.000	2094626.9	2469151.1

<대안별> 1 : 직접배송, 2 : 복수허브항, 3 : 단일허브항

기술통계량(평균, 표준편차)의 분석결과, 총비용 측면에서는 복수 허브항 대안이 가장 작게 나타났고, 단일 허브항 대안이 가장 크게 발생하는 것으로 분석되었다. 또한 총시간 측면에서는 직접배송 대안이 가장 작게 나타났고, 복수허브항 대안이 가장 크게 발생하는 것으로 분석되었다. 대안별 총비용측면에서의 성과 차이는 F = 461.167로 P < 0.001 수준에서 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 또한 총 수송시간 측면에서의 성과 차이는 F = 259.962로 P < 0.001 수준으로 대안별 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 네트워크 변경에 따른 대안

별 총비용과 수송시간에는 차이가 있는 것으로 분석된다. 그리고 사후검정 분석 결과, 대안별 총비용과 수송시간 사이에는 유의수준  $P < 0.003$  수준으로 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다고 할 수 있다.

② 네트워크 내 허브항의 위치 변경이 항만물류비용과 수송시간에 미치는 효과 분석을 위한 일원배치 분산 분석

	N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰 구간		최소값	최대값	
					하위값	상위값			
대안2.총비용	1	10	5299800.3	3383.38541	1060.43358	5267401.4	5272193.2	5265509	5276549
	2	10	4189322.2	6151.64892	1945.32220	4164921.6	4173722.8	4153541	4174442
	3	10	485815.3	896900.53	283536.76	4217077.1	5500153.5	2306271	5143366
	4	10	4639179.4	4043.44153	1276.64548	4602895.3	4696070.9	4679495	4697131
	5	10	4376129.0	3027.86294	957.49433	4379691.9	4379294.0	4372517	4379735
합계	50	4671408.8	545191.42	77101.710	4516467.7	4826390.5	2396271	5276549	
대안3.총수송시간	1	10	5727061.8	1338.62341	423.62612	5726983.5	5728010.1	5724993	5728903
	2	10	5115541.9	1824.93614	482.22715	5114451.0	5116632.8	5112633	5118321
	3	10	5417365.5	1732.91001	547.99679	5416116.8	5416958.1	5414166	5419986
	4	10	5634035.4	1673.09373	529.07869	5632942.5	5635236.3	5630249	5636995
	5	10	5467830.1	1827.33290	514.79786	5466655.5	5468994.6	5465222	5470701
합계	50	5472363.3	212557.09	30060.112	5411955.9	5532772.0	5112633	5728903	

	N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰 구간		최소값	최대값	
					하위값	상위값			
대안2.총비용	1	10	5299800.3	3383.38541	1060.43358	5267401.4	5272193.2	5265509	5276549
	2	10	4189322.2	6151.64892	1945.32220	4164921.6	4173722.8	4153541	4174442
	3	10	485815.3	896900.53	283536.76	4217077.1	5500153.5	2306271	5143366
	4	10	4639179.4	4043.44153	1276.64548	4602895.3	4696070.9	4679495	4697131
	5	10	4376129.0	3027.86294	957.49433	4379691.9	4379294.0	4372517	4379735
합계	50	4671408.8	545191.42	77101.710	4516467.7	4826390.5	2396271	5276549	
대안3.총수송시간	1	10	5727061.8	1338.62341	423.62612	5726983.5	5728010.1	5724993	5728903
	2	10	5115541.9	1824.93614	482.22715	5114451.0	5116632.8	5112633	5118321
	3	10	5417365.5	1732.91001	547.99679	5416116.8	5416958.1	5414166	5419986
	4	10	5634035.4	1673.09373	529.07869	5632942.5	5635236.3	5630249	5636995
	5	10	5467830.1	1827.33290	514.79786	5466655.5	5468994.6	5465222	5470701
합계	50	5472363.3	212557.09	30060.112	5411955.9	5532772.0	5112633	5728903	

대안2.총비용	집단-간 (조합필)	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
선택항	대비	6.539E+12	6	1.090E+12	412100.668	.000
	편차	1.731E+12	1	1.731E+12	654506.741	.000
	합계	4.808E+12	5	9.510E+11	363619.453	.000
집단-내	합계	166000523	63	2644452.6		
	합계	6.539E+12	69			
대안3.총수송시간	집단-간 (조합필)	2.122E+12	6	3.536E+12	1633328.6	.000
선택항	대비	8.007E+13	1	8.007E+12	3630633.8	.000
	편차	1.321E+13	5	2.642E+12	1220287.5	.000
집단-내	합계	136384194	63	2164828.5		
	합계	2.122E+13	69			

대안3.총수송시간	집단-간 (조합필)	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
선택항	대비	2.214E+12	4	5.534E+11	220097.804	.000
	편차	2.214E+12	1	2.214E+12	293463.739	.000
집단-내	합계	113151907	45	2514466.8		
	합계	2.214E+12	49			

<대안 2> 1 : 싱가포르, 2 : 홍콩, 3 : 호치민, 4 : 포트클랑, 5 : 틴중펠레파스, 6 : 상해, 7 : 카오슝

대안 2(복수 허브항)에 대한 기술통계량(평균, 표준편차)의 분석결과, 총비용 측면에서는 호치민항을 허브항 대안으로 하는 것이 가장 작게 나타났고, 총시간 측면에서는 싱가포르항을 허브항 대안으로 하는 것이 가장 작게 나타났다. 허브항 시나리오별 총비용측면에서의 성과 차이는  $F = 412100.668$ 로  $P < 0.001$  수준에서 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 또한 총 수송시간 측면에서의 성과 차이는  $F = 1633328.6$ 로  $P < 0.001$  수준으로 대안별 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 네트워크 변경에 따른 대안별 총비용과 수송시간에는 차이가 있는 것으로 분석된다. 그리고 사후검정 분석 결과, 대안별 총비용과 수송시간 사이에는 유의수준  $P < 0.001$  수준으로 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다고 할 수 있다.

대안 3(단일 허브항)에 대한 기술통계량(평균, 표준편차)의 분석결과, 총비용 측면에서는 경유항을 지나지 않는 부산항을 허브항 대안으로 하는 것이 가장 작게 나타났다. 그리고 총시간 측면에서도 부산항을 허브항 대안으로

Scheffe	(1) 대안2.허브항위치	(2) 대안3.허브항위치	평균차 (1-2)	표준오차	유의확률	하위값	상위값
대안2.총비용	2	3	110478.105	179370.02	.275	534397.08	167856.21
	3	4	41134.5700	179370.02	.111	-184986.1	967236.00
	4	5	58621.68200	179370.02	.044	10540.8343	1162702.8
	5	6	883672.34100	179370.02	.000	317831.31	1462953.4
	6	7	-1103476.10	179370.02	.000	-1678559	-524267.1
대안3.총수송시간	2	3	-69930.129	179370.02	.111	-425974.9	-112121.1
	3	4	-513956.241	179370.02	.003	-1089937	62224.287
	4	5	-203606.762	179370.02	.056	-782896.8	362275.27
	5	6	-41184.874	179370.02	.278	-987266.0	164896.05
	6	7	865263.12900	179370.02	.011	1135212.10	129574.2

<대안 3> 1 : 부산(경유지포함), 2 : 부산(경유지미포함), 3 : 홍콩, 4 : 상해(경유지포함), 5 : 상해(경유지미포함)

하는 것이 가장 작게 나타났다. 허브항 시나리오별 총비용측면에서의 성과 차이는  $F = 11.384$ 로  $P < 0.001$  수준에서 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 또한 총 수송시간 측면에서의 성과 차이는  $F = 220097.804$ 로  $P < 0.001$  수준으로 대안별 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 네트워크 변경에 따른 대안별 총비용과 수송시간에는 차이가 있는 것으로 분석된다. 사후검정 분석 결과, 각 대안별 총 수송시간 측면에서는  $P < 0.001$ 으로 차이가 있는 것으로 나타났지만 총비용측면에서는 1-3, 2-4, 2-5, 3-4, 3-5, 4-5는 각각 P값이 0.279, 0.103, 0.855, 0.915, 0.144, 0.575로  $P > 0.05$ 이므로 차이가 없다고 할 수 있다.



## 7. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 신흥잠재시장 항만 해운네트워크를 구축하고 신흥잠재시장 내 전략적 환적 거점을 선정하는 데 초점을 맞추고 있다. 이를 위해 해운네트워크의 변경에 따른 네트워크별 대안을 구성하고 대안별 허브항 위치 변경에 따른 시나리오를 구성하여, 이를 시뮬레이션 분석을 통해서 그 결과가 해운 물류 성과에 미치는 영향을 분석하고 검증하였다. 분석결과, 총시간 관점에서는 현재 운영되는 직접배송 해운네트워크가 효과적인 정책이지만, 비용적인 측면을 고려할 경우는 부산항을 허브항으로 하고, 동남아에 보조허브항을 두는 복수 허브항 네트워크가 효율적인 정책이 될 수 있을 것으로 판단된다. 물론, 환적 거점에서의 사업 및 투자 방안을 모색하는데 있어서 전략적 환적 거점을 선정하는 의사결정은 단순히 비용 및 시간 관점인 계량적인 분석만으로는 최적의 대안을 선택하는데 한계가 있다고 본다.

하지만 본 연구에서의 계량적인 결과와 향후 프로젝트에서 진행 중인 신흥 잠재시장의 경제 및 환경적인 분석, 항만내 물류 인프라 분석 및 물동량 O/D 분석과 관련한 정성적인 분석을 함께 고려한다면, 최종적인 의사결정에 대한 해답을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 그러므로 향후 우리나라가 이와 관련된 사업으로의 투자 혹은 확대하는 의사결정에 있어서 많은 도움을 줄 것이라고 생각한다.

## 참고문헌

- [1] 공덕암; “부산진해 신항만의 동북아 허브 PORT 전략에 관한 연구”, 한국항만경제학회지, 정기학술대회, 2003.
- [2] 김세희; “동북아 물류 중심지로서의 부산항만의 발전방향”, 건국대학교 대학원, 석사학위 논문, 2002.
- [3] 박종흠; “동북아 물류허브전략, 첨단, 고부가가치화로 업그레이드”, 나라경제 : 20-22, 2007.
- [4] 부산광역시; “부산을 동북아 물류중심도시로 육성하기 위한 연구”, 1998.
- [5] 양성모, 진중관; “국제물류 기지화에 대한 부산항과 동북아 경쟁항의 비교 연구”, 무역학회지, 26, 2000.
- [6] 임중관; “정기선 해운에서 Hub-Port의 전략적 가치 결정구조에 관한 연구”, 해운산업연구원 : 19-20, 2000.
- [7] 한진물류연구원; “신흥잠재시장네트워크 확대방안”, 2007.
- [8] 한철환; “상하이 양산항과 신항(Busan New Port)의 경쟁력 비교분석”, 한국항만경제학회지, 22(1), 2006.
- [9] 해양수산부; 해상거리표, 2003.
- [10] 해양수산부, BPA; “동북아 중심항만 육성을 위한 신흥 운영 전략”, 신흥개장기념국제포럼, 2005.
- [11] Baird Alfred. J.; “A new Evaluation of the Hub-port versus Multi-port Strategy,” LAME Annual Conference : 138-166, 2001.