

사회연결망 분석을 이용한 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석에 관한 연구 : 부산항을 중심으로

류기진* · 남형식** · 조상호*** · † 류동근

*,***한국해양대학교 대학원 해운경영학과, **한국해양대학교 해운경영학부 시간강사, † 한국해양대학교 해운경영학부 교수

A Study on Analysis of Container Liner Service Routes Pattern Using Social Network Analysis : Focused on Busan Port

Ki-Jin Ryu* · Hyung-Sik Nam** · Sang-Ho Jo*** · † Dong-Keun Ryoo

*,**Graduate school of Korea Maritime Ocean University, 49112 Busan, South Korea

**Part-time instructor of Shipping Management, Korea Maritime Ocean University, 49112 Busan, South Korea

† Division of Shipping Management, Korea Maritime Ocean University, 49112 Busan, South Korea

요 약 : 항만산업은 수출입 중심인 우리나라의 경제구조에서 중요한 국가기간산업이라 할 수 있다. 특히 국내 컨테이너 물동량의 75%를 처리하는 부산항은 지속적으로 글로벌 선사 물동량 유치를 위해 정기선 항로 서비스를 확대하는 노력 등 컨테이너 정기선 항로에 대한 중요도가 높아질 것으로 예상된다. 본 연구는 사회연결망 분석을 활용하여 2012년부터 2016년까지 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석을 통해 세계 주요항만과의 중심성을 파악하여 부산항과 연결되어 있는 항만 네트워크의 구조적인 특성을 파악하였다. 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크상에 연결정도 중심성, 근접중심성, 매개중심성이 높은 항만은 싱가포르항으로 분석되었으며, 실제 연도별 부산항 주요 국가 항만별 처리물동량 순위와 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크 중심성 분석 결과 간 순위 비교는 서로 상이한 것으로 나타났다. 이를 통해 부산항 처리 물동량의 높은 비율을 차지하고 있는 중국 동부항만이 부산항 컨테이너 정기선 네트워크상에서 보았을 때 부산항의 허브항으로 보기 어렵다는 점을 확인하였다. 또한 부산항 컨테이너 정기선 서비스 항로 수는 증가하더라도 해당 항로에 투입되는 선박이 중소형으로 한정되어 있거나 네트워크상 부산항이 싱가포르항 기항을 위한 피더항(Feeder Port)의 성격을 띄고 있는 것으로 추정된다.

핵심용어 : 부산항, 컨테이너, 정기선, 항로, 사회연결망 분석(Social Network Analysis), 중심성

Abstract : The port industry is an important national industry which significantly affects Korea's imports and exports which are centered on economic structure. For instance, the Port of Busan, which handles 75% of domestic container freight volume, is expected to become increasingly critical for container liner routes. For this reason, there have been continued efforts to expand freight service to attract international freight volume. This study analyzes the structural characteristics of the port network connected to the Port of Busan by analyzing the pattern of the container liner route from 2012 to 2016 by using social network analysis. According to the Port of Busan's liner route network, the port with the highest degree of centrality, closeness centrality, and betweenness centrality was found to be the Port of Singapore. The comparison of Busan's annual container handling rank by countries and the port center network analysis of Port of Busan rank was found to be different. As a result, it was established that China's East Port, which occupies a high percentage of the volume of cargo handled by Port of Busan, is not a hub port of Busan when viewed on the Busan's container terminal liner network. In addition, even if the number of Port of Busan container liner service increases, it is estimated that the vessels to be added to the fleet will be limited to small to medium sized, or that Busan port has characteristic of a feeder port for the Port of Singapore, according to the network.

Key words : Busan Port, Container, Liner, Shipping Route, Social Network Analysis(sna), Centrality

1. 서 론

우리나라는 국내 수출입의 대부분이 해상을 통해 이루어지고 있기 때문에 해운 및 항만산업은 국내 경제구조에서 중요한 국가기간산업이라고 할 수 있다. 하지만 한진해운 파산으로 인해 전 세계 해운시장 내 국적선사 점유율이 급격하게 감

† Corresponding author : 종신회원, dkryoo@kmou.ac.kr 051)410-4381

* 정회원, kjryu@kmou.ac.kr 051)410-4381

** 정회원, hsnam0215@kmou.ac.kr 051)410-4381

*** 정회원 kingjo@kmou.ac.kr 051)410-4381

(주) 이 논문은 “사회연결망 분석을 이용한 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석에 관한 연구 : 부산항을 중심으로”란 제목으로 “2018 공동학술대회 한국항해항만학회논문집(제주 국제컨벤션센터 및 부영호텔, 2018.5.24-25, pp.313-315)”에 발표되었음.

소하였으며, 글로벌 네트워크 손실 등 국내 해운업은 지속적으로 불황을 겪었다.

특히 국내 컨테이너 물동량의 75%를 처리하는 부산항은 국내 해운업의 불황 및 중국 항만의 급속한 성장 등으로 인해 물동량이 감소하는 추세였으나 자동화 터미널 시설을 갖춘 신항 개장, 신 해운동맹 출범에 따른 선석 조정, 해운 선사와의 네트워크 구축 등의 노력을 통해 지속적으로 물동량 유지에 노력하고 있다. 하지만 글로벌 네트워크를 보유한 외국적 선사들의 얼라이언스 개편, 정기노선 확보를 위해 선사들의 합병 등 경영환경 변화가 계속될 것으로 보인다. 따라서 글로벌 네트워크를 보유하고 있는 부산항은 지속적으로 외국적 선사의 물동량 유치를 위해서 정기선 항로 서비스 확대 등 컨테이너 정기선 항로에 대한 중요도가 높아질 것으로 예상된다.

본 연구의 목적은 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석을 통해 세계 주요항만과의 중심성을 파악하여 부산항과 연결되어 있는 항만 네트워크의 구조적인 특성을 살펴보고자 한다. 또한 부산항 연계 주요 항만별 처리 물동량과 컨테이너 정기선 네트워크상 간의 영향력을 파악하고 한다.

본 연구에서는 2012년 1월부터 2016년 12월까지 부산항을 기항하는 정기선 서비스 현황자료를 통해 부산항을 입출항하는 컨테이너 정기선 항로의 패턴을 분석하고자 한다. 이를 위해 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로를 파악하고 사회연결망 분석(Social Network Analysis : SNA) 방법 중 연결정도 중심성(Degree Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality)을 활용하여 부산항과 연결되어 있는 항만 네트워크의 구조적인 특성에 대해 연구하고자 한다.

2. 부산항 현황 및 선행연구 고찰

2.1 부산항 현황

부산항은 현재 북항과 신항으로 나뉘어 운영 중이며, 국내 제1의 컨테이너항만 및 세계 6위의 컨테이너항만으로 성장했다. 2016년 부산항은 컨테이너 처리 물동량 약 19,456천 TEU를 달성하였으며, 세계 제2대 환적항으로 육성하기 위해 지속적으로 노력하고 있다.

부산항 컨테이너 정기선 항로는 2012년 358개의 정기선 항로가 2016년 531개로 173개 항로가 증가한 것을 알 수 있다. 특히 베트남과의 교역 증가로 인한 물동량 증가세가 한국-동남아시아 컨테이너 항로 증가에도 긍정적 영향을 미쳤다는 것을 간접적으로 확인할 수 있다. 이는 부산항이 기존 중국, 일본, 북미와의 교역을 중심으로 하는 항만에서 동남아시아 시장과의 교역의 증가에 따라 이 지역의 신규노선 항만이 점차적으로 증가하고 있음을 나타낸다. 또한 부산항은 국내 최대의 컨테이너 항만으로서 컨테이너 정기선 서비스 수가 지속적으로 증가함과 동시에 국내에서 가장 많은 서비스 항로 수를

보유하고 있다. 특히 국내 광양, 인천항과 다르게 유럽, 남미, 중동, 대양주, 아프리카까지 운항하는 항로의 개설을 통해 정기선 항로가 다변화 되고 있다는 것으로 나타났다.

Table 1 Busan port container liner route status
(Unit: No. %)

Category	2012	2013	2014	2015	2016	Ratio
Japan	68.5	71.5	71	79	89	16.8
Southeast Asia	77	85	91	105	138	26
China	45	42.5	48	62.5	62	11.7
North America	50.5	57	57	65	91	17.1
South America	39	33.5	41	46	52	9.8
Europe	24.5	30	29	32.5	34	6.4
Russia	13.5	11	12	9.5	12	2.3
Middle East	12	11.5	14.5	25.5	26	4.9
Oceania	27	25	22	26	26	4.9
Others	1	1	3.5	4	1	0.2
Total	358	368	389	455	531	100

Source : Busan Port Container Transportation Statistics, Busan Port Authority, 2012~2016

2.2 선행연구

2.2.1 정기선 해운시장 관련 선행연구

Jung(2003)은 컨테이너선의 대형화는 규모의 경제(Economies of Scale)를 통한 선사들의 수익성 향상을 위해 추진되고 있으며, 선박 대형화는 정기선시장의 집하경쟁을 심화시킴으로써 운임수준을 하락시켜 선사들의 채산성을 오히려 악화시키고 있다고 주장하였다.

Fremont(2007)는 국외 대표 선사인 머스크 라인의 사례분석을 통해 허브 앤 스포크 방식과 직기항 방식 간 보완 관계가 있음을 증명함에 따라 두 방식 간 통합하는 것이 광범위한 서비스를 위해 필요하다고 주장하고 있다.

Park and Choi(2013)은 한일 정기선항로의 중요성에 대해 기술하고 있으며 한일항만들의 상관관계분석과 인과성검정을 통해 각 항만들의 물동량이 고유한 특성을 갖는 동시에 항만 간 물동량이 서로 관련되어 있음을 확인하였다. 또한 항만들의 해운네트워크상 지위에 따라 물동량의 자기상관이 존재함을 밝혔다.

Ducruet and Notteboom(2012)은 컨테이너 해운 서비스의 구성의 관점에서 정기선 서비스 네트워크를 분석하였다. 실제 선박 운항 데이터를 바탕으로 하여 정기선 서비스 디자인의 결정요인에 대해 논의와 더불어 전 세계 정기선 해운 네트워크의 글로벌 스냅샷을 제공하였다.

Shuaian, Qiang and Zhuo(2013)은 컨테이너 정기선 항로 서비스 중에 환적 작업이 중요함을 설명하고 있으며, 기존 선행연구 한계점을 토대로 통합 선형 프로그래밍 모형을 활용하여 최적의 컨테이너 정기선 경로에 대한 공식화를 도출하였으며 이를 통해 정기선사의 경제적으로 운송 관리에 이점이 있을 것이라 주장하였다.

Wang, Liu and Meng(2015)은 컨테이너 정기선 항로 중 아시아-유럽 노선의 46개 항만, 11개의 항로에 대해 비용절감 및 효율성을 위한 최적의 컨테이너 정기선사 네트워크 설계 방법을 제시하였다.

Kang(2015)은 항만 경쟁력의 필수 조건인 항만물동량은 항만 자체의 투자만으로 결정되는 것이 아닌 해상운송 서비스를 제공하는 선사의 선택에 따라 결정될 수 있으며 이는 정기선사들의 항만 간 운송네트워크로 파악할 수 있다고 정리하였다.

2.2.2 해운·항만분야 사회연결망 분석 관련 선행연구

Park, Noh and Yeo(2000)는 사회연결망 분석 이론을 활용하여 국내를 중심으로 구축된 항만 네트워크를 동북아시아로 확대 구축의 필요함을 주장하였다. 이를 통해 남·북한 해운 및 항만 물류네트워크 구축 방안 및 동북아시아 물류시스템 구축 전략방안을 제시하였다.

Kim and Kwon(2014)은 자료포락분석(Data Envelopment Analysis : DEA)을 통해 도출한 항만 효율성 지표와 사회연결망 분석을 통해 도출한 네트워크상 지표 간의 상관관계를 분석하여 어떤 관계를 가지고 있는지에 대해 연구하였다. 이를 통해 근접 중심성, 매개 중심성, 아이겐벡터 중심성(Eigenvector Centrality)¹⁾, 페이지 랭크 중심성(PageRank Centrality)²⁾이 효율성 지표들과 유의한 상관관계를 가지는 것으로 확인하였다.

Seo(2014)은 연안해운의 물동량 자료를 토대로 연안해운의 공간적인 특성과 시멘트라는 특정 물품의 물동량을 기준으로 국내 화물 운송에서 연안해운이 차지하는 위상에 대해 요인분석과 사회연결망 분석을 활용하였다. 연안해운은 국가 산업에 필수적인 물품이면서 대량운송을 요구하는 일부 품목이 주로 발생하였으며, 일부 지역에 집중적으로 대량의 물동량을 운송하고 있음을 밝혀냈다.

Kang, Bang and Woo(2014)은 사회연결망 분석을 이용하여 2006년부터 2011년까지 세계주요 19개 선사의 기항패턴과 선박투입량을 대상으로 항만 네트워크 분석을 하였다. 이를 통해 기존 항만 물동량으로 항만 경쟁력 평가 및 항만개발계획 등의 계획을 세웠던 것에서 항만 네트워크상 중심성을 통해 선사의 관점에서 항만을 평가할 수 있다는 사실을 주장하였다. 또한 선사가 항만을 기항할 수 있는 유인책 마련과 그에 따른 항만개발계획이 필요함을 주장하였다.

Park(2016)은 인천항을 중심으로 컨테이너 정기선 항로에 대한 네트워크 분석을 통해 홍콩항과 부산항이 높은 중심성을

가지는 것으로 나타났다. 이를 통해 인천항의 네트워크상 허브 항만은 세계 컨테이너 물동량 순위가 높은 상해, 싱가포르항이 아님을 확인하였으며, 인천항과 연결 정도가 낮은 항만과 지속적으로 네트워크 강화를 위한 노력을 한다면 인천항 발전에 긍정적 영향을 미칠 것이라고 주장하였다.

Jang and Lee(2016)은 키워드 네트워크 분석을 통해 세계 해운경제의 연구동향을 양적인 관점에서 살펴보았다. 2000-2004년, 2005-2009년, 2010-2014년 세 단계로 나누어 분석하였으며, 해운경제 키워드를 세 개의 연도시기별로 분석한 결과 서로 다른 패턴을 발견하였다. 이러한 연구의 결과는 네트워크분석을 통하여 향후 연구동향 예측의 기초 자료로 활용될 수 있다고 설명하고 있다.

Jeon, Cha and Yeo(2016)는 아시아 지역 크루즈 항로의 네트워크 구조와 항만의 중심성 파악을 위해 사회연결망 분석을 활용하였다. 이를 통해 아시아 크루즈 항로 네트워크상 싱가포르항이 연결중심성, 매개 중심성이 가장 높게 나타났으며, 아이겐 벡터 중심성이 가장 높은 항만은 홍콩항으로 분석되었다. 국내 항만인 부산, 제주, 인천의 경우 네트워크상 경쟁 항만이라 할 수 있는 동남아시아 항만과 중국항만보다 순위가 낮아 모항으로서 경쟁력이 많이 떨어져 있어 크루즈산업의 발전을 위해서는 대형 크루즈 선박이 기항할 수 있는 인프라 구축 및 모항으로서의 발전을 도모해야 할 것을 주장하였다.

3. 연구방법

3.1 사회연결망 분석 개요

사회 네트워크(Social Network)는 1954년 존 반즈(John A, Barnes, 1918~2010)가 처음으로 사용한 용어으로써, 부족 또는 가족과 같은 경계가 있는 집단이나 성, 민족 등과 같은 사회적 범주를 나타내는 개념들을 포함하며, 연결 관계의 패턴을 나타내는 용어라고 하였다. 사회 네트워크는 초기 인간관계 네트워크에서 출발하여 다양한 사회적 개체들의 네트워크로 영역이 확대되고 있다.

사회 네트워크는 사회적 현상을 구성하는 행위자들을 노드로 표현하고, 사회적 관계를 링크로 표현하는 구조이며 사회연결망 분석이라는 방법에 의해 파악되고 설명된다. 사회연결망 분석에 대한 이론은 1930년대부터 사회 및 행동과학 범주에서 시작하여 학자들에 의해 지속적으로 발전하였다.

이러한 사회연결망 분석은 국내 사회과학 분야에서도 많이 활용되고 있으며, 사회연결망에 대한 이론적인 연구가 많이 진행되고 있다. 강동준 외 2인은 일정한 네트워크 사회를 구성하는 노드와 각 구성 요소 간의 관계를 링크(Link) 및 에지(Edge)로 묶어 표현한 사회구조를 사회 네트워크라고 설명하

1) 아이겐벡터 중심성은 연결된 다른 노드의 중심성을 가중치로 계산하여 연결관계 정도를 분석하는 방법

2) 페이지 랭크는 영향력을 보내는 노드와 받는 노드가 구분되는 방향성 네트워크를 고려하여 개발된 방법으로 공동연구(공저) 관계 네트워크 분석에 활용되는 방법

고 있다(Kang, Bang, Woo, 2014). 또한 사회연결망 분석을 개인들 간의 상관관계를 통해서 인간행위와 사회구조의 효과를 설명하고자 하는 방법론이라고 설명하고 있다(Kim, Cho, Hong, 2014).

그래프 이론을 기반으로 하는 사회연결망 분석에서 그래프는 노드(Node)를 나타내는 점과 링크(Link)를 나타내는 라인으로 표현되며, 점으로 표현되는 노드와 라인으로 나타나는 링크의 관계를 표현한다(Lee, 2012). 사회연결망 분석은 분석의 초점에 따라서 한 개인 즉 에고(Ego)를 중심에 위치시켜서 그 개인과 다른 노드와의 연결을 표현한 연결망을 분석하는 에고 네트워크(Ego network), 두 개인 간의 연결망을 기본으로 하여 두 사람을 쌍단위로 분석하는 양자 네트워크(Dyadic network), 연결망을 부를 때 가장 보편적으로 지칭하는 연결망인 전체 네트워크(Total network)로 구분할 수 있다(Son, 2013).

이처럼 사회과학분야에서 사회연결망 분석에 대한 활용도가 높아지고 있으며, 최근에는 해운·항만·물류 분야에서도 사회연결망 분석을 활용한 연구가 진행되고 있어 활용도가 점차적으로 높아질 것으로 보인다.

3.2 중심성(Centrality) 분석

중심성은 사회 네트워크에서 개인이 가지는 권력과 영향력이라는 개념으로 개발되었으며, 사회연결망 분석 지표 중에서 가장 많이 사용되는 지표이다(Lee, 2012). 중심성은 관점에 따라 여러 유형으로 나눌 수 있는데, 이 중 중심성 분석의 가장 기본이 되는 지표는 프리만이 제안한 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성이다(Freeman, 1979).

연결정도 중심성(Degree Centrality)는 네트워크상 노드들 간 연결정도를 측정하는 방법으로, 한 노드의 연결정도가 높을수록 네트워크상에서 권력이 높다고 볼 수 있으며, 이는 직접 연결된 이웃 노드의 수가 많을수록 연결정도 중심성은 높아지게 된다. 프리만의 연결정도 중심성 척도가 가장 많이 알려져 있으며, 절대적 연결정도 중심성의 정규화 작업을 통해 상대적 연결정도 중심성 값을 구할 수 있다. 네트워크의 연결에 방향이 있는 경우 연결정도 중심성(In-degree centrality)와 외향 연결정도 중심성(Out-degree centrality)로 구분할 수 있다.

$$\frac{\text{해당노드의degree}}{\text{전체노드의수}-1} = \frac{d_i}{n-1} \quad (n : \text{네트워크의 전체 노드수})$$

3) g : 전체 노드 수, $d(n_i, n_j)$: 노드 i 에서 j 까지의 거리

4) g_{jk} : 노드 j 와 k 를 연결하는 최단 경로의 수

$g_{jk}(n_i)$: 노드 j 와 k 를 연결하는 최단경로 중 노드 j 를 거치는 경로의 수

$\sum_{j < k} g_{jk}(n_i) / g_{jk}$: 각각의 node pair의 최단경로상 노드 i 가 포함될 확률의 누적합

$[(g-1)(g-2)/2] : n_i$ 를 포함하지 않는 모든 노드 쌍의 수(방향성이 없는 네트워크의 경우)

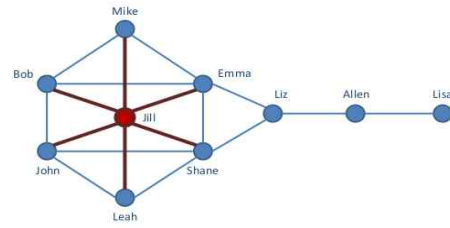


Fig. 1 Degree centrality

근접 중심성(Closeness Centrality)은 한 노드의 근접도가 네트워크의 다른 모든 노드들과 얼마나 근접하게 연결되어 있는가를 의미하며, 인접 중심성이라고도 한다. 즉 근접 중심성이 높다는 것은 네트워크 내 다른 노드들과의 거리가 가장 짧다고 할 수 있으며, 이는 가장 빨리 다른 노드에 영향을 주거나 받을 수 있다고 할 수 있다. 노드 i 의 절대적 근접 중심성은 네트워크 내에서 모든 노드(j)들에 대한 경로거리의 값 d_{ij} 를 합친 전체거리의 역수로 계산할 수 있으며, 이는 전체거리가 짧을수록 근접 중심성 값은 크게 나타난다고 볼 수 있다.

$$\left[\frac{\text{해당노드가가진값}}{\text{생성가능한최대값}} \right]^{-1} = \left[\frac{\text{해당노드와다른노드와의거리총합}}{\text{전체노드수}-1} \right]^{-1} = \frac{g-1}{\sum_{j=1}^n d(n_i, n_j)} \quad (3)$$

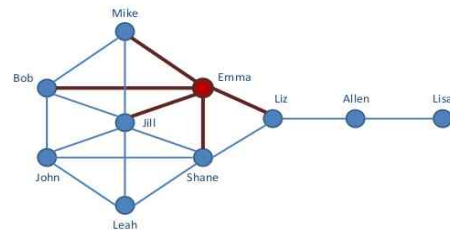


Fig. 2 Closeness centrality

매개 중심성(Betweenness Centrality)은 한 노드가 다른 노드와 네트워크를 구축하는 데 있어 중개자 혹은 다리 역할을 수행하고 있는지를 측정하는 방법으로 다른 노드 간의 최단 경로에 많이 등장할수록 중심성이 높아진다. 즉 매개 중심성이 높은 노드는 정보 흐름에 대한 통제력을 가지며, 이 노드가 제거될 경우 네트워크 전체 연결과 흐름에 큰 영향을 미치게 된다. 매개 중심성 산출방법은 다른 노드와의 최단경로에서 해당 노드를 거칠 확률을 고려하여 계산한다.

$$\left[\frac{\text{해당노드가가진값}}{\text{생성가능한최대값}} \right]^{-1} = \left[\frac{\text{해당노드와다른노드와의거리총합}}{\text{전체노드수}-1} \right]^{-1} = \frac{g-1}{\sum_{j=1}^n d(n_i, n_j)} \quad (4)$$

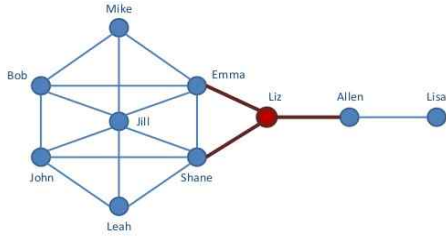


Fig. 3 Betweenness centrality

3.3 네트워크 시각화

네트워크의 시각화(Visualization)는 네트워크를 시각적으로 표현하는 방법을 말하며, 가장 많이 사용하는 표현 방법은 그래프 표현 방법이다. 일반적으로 그래프 표현은 2차원(2D) 배치 알고리즘을 많이 사용하며, 가장 대표적인 알고리즘이 힘기반 그래프 배치(force-based graph layout) 알고리즘이다.

이 알고리즘은 그래프의 노드들을 2차원 또는 3차원 공간에 배치시켜 링크들의 거리를 거의 균등하게 하고, 링크들이 서로 교차하는 것을 최소화하는 방식으로 그래프를 그려 나간다. 가장 간단한 방법은 링크를 노드들 사이에 존재하는 스프링(Spring)으로 보고, 전체 그래프가 하나의 물리적 시스템으로 간주하는 것이다. 따라서 힘기반 그래프 배치 알고리즘은 스프링 알고리즘이라고도 부른다.

3.4 분석 소프트웨어

본 연구의 분석을 위하여 사이람에서 개발한 NetMiner 소프트웨어를 사용하였다. NetMiner는 국내 기술로 개발된 사회연결망 분석 소프트웨어로 데이터 변환, 네트워크 분석, 통계분석, 네트워크 시각화 기능 등을 유연하게 통합하여 편리한 사용 환경을 제공한다. 전 세계 50여 개국 600개 대학 및 연구소, 정부기관에서 사용 중이며, 세계적으로 가장 우수한 사회연결망 분석 패키지 소프트웨어로 평가받고 있다.

4. 분석결과

4.1 분석범위 및 방법

본 연구를 위해 2012년부터 2016년 동안 부산항을 중심으로 입·출항하는 컨테이너 정기선 기항실적을 수집하였으며, 본 연구의 대상인 부산항 네트워크는 부산항과 연결된 전 세계 지역의 항만(노드)들과 이들 간 연결하고 있는 항로(링크)를 포함하고 있다. 아래 표 2와 같이 본 연구에서 사용된 부산항과 연결된 항만들은 283개(2012년)에서 306개(2016년)로써 평균 293개이다.

Table 2 Busan port container liner route network

Year	Node	Link	Density	Distance
2012	283	1,051	0.013	4.194
2013	283	1,074	0.013	4.367
2014	291	1,070	0.013	4.209
2015	304	1,236	0.013	4.097
2016	306	1,190	0.013	4.243

먼저 부산항 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석을 통해 네트워크상 구조적 특성을 살펴본 후에 사회연결망 분석 기법 중 시각화 방법을 활용하여 개략적인 부산항 컨테이너 정기선 항로 패턴을 살펴보았다. 그 다음으로 세부적인 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크상의 중심성을 분석하였다. 이를 통해 부산항과 연결되어 있는 항만 네트워크의 구조적인 특성을 살펴보고, 부산항 컨테이너 정기선 네트워크 중심성 분석 값과 주요 항만별 처리 물동량 변화와 상관관계를 분석하였다.

4.2 부산항 네트워크 밀도와 거리

부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 선사의 노드 수(항만)는 평균 293개로 구성되어 있으며, 항만 간 연결된 링크의 수는 1,124개이다. 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크상 밀도는 0.013으로 분석되었으며, 네트워크상에서 밀도는 노드들 간의 연결된 정도를 말한다. 밀도 값이 높은 네트워크는 노드들 간의 연결이 분산적 구조를 이루지 않고 유기적으로 맺어져 있는 것을 의미한다.

또한 네트워크의 평균거리는 4.222로 분석되었으며, 이는 부산항 기준으로 어떤 항만에서든지 4.222의 단계를 거치면 모든 항만과 연결 할 수 있다는 것을 의미한다. 이는 미국의 심리학자인 Stanley Milgram과 Jeffery Travers가 제시한 여섯 단계의 분리이론(Six degrees of separation)에 부합하는 것으로 확인 할 수 있다.

Table 3 Comparison between networks

Network	Node	Link	Density	Distance
Busan Port Container Liner Route Network Average (2012~2016)	293	1,051	0.013	4.194
World Port Network Average (2006~2011)	506	9,962	0.011	5.570
Asia Cruise Route Network (2015.10~2016.06)	250	545	0.009	2.180
Airport Network	3,883	27,051	0.004	3.483
Railway Network	587	19,603	0.114	2.16

Source : An Analysis of the Cruise Courses Network in Asian Regions Using Social Network Analysis, Jeon, J. W. et al., 2016

4.3 부산항 네트워크 시각화

네트워크 시각화는 연결구조가 잘 드러나도록 노드를 배치하고, 연결구조의 특성을 직관적으로 표현할 수 있도록 노드와 링크를 스타일링 하는 것을 말한다. 시각화 기법인 힘기반 그래프 배치 알고리즘을 사용하였다.

4.4 부산항 네트워크 중심성 분석

연결정도 중심성은 노드에 직접 연결된 이웃의 수를 측정하는 방법으로 네트워크 노드들이 얼마나 많은 연결을 가지고 있는지를 나타낸다. 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로 네트워크(2012년~2016년) 연결정도 중심성을 분석한 결과를 보면 부산항을 제외하고 싱가포르항이 지속적으로 상위권을 유지하는 것으로 분석되었다. 반면 홍콩항은 지속적으로 상위를 유지하다가 2016년 중심성이 낮아지는 추세를 보였다. 그 다음으로 상해항, 선전항, 포르투갈항 등이 빈번한 순위 변화를 보이며 부산항에 영향력을 미치는 것으로 분석되었다.

따라서 부산항 컨테이너 정기선 네트워크상에서는 부산항을 제외한 싱가포르항이 높은 영향력을 행사하고 있음을 알 수 있다.

Table 4 Degree centrality analysis result

Year	Rank	Port	In Degree Centrality	Out Degree Centrality
2012	1	Busan	0.2482	0.2553
	2	Singapore	0.0957	0.1135
	3	Hongkong	0.0957	0.0993
	4	Shanghai	0.0745	0.0780
	5	Yokohama	0.0674	0.0709
2013	1	Busan	0.2518	0.2766
	2	Singapore	0.0957	0.1064
	3	Hongkong	0.0816	0.0957
	4	Shenzhen	0.0674	0.0816
	5	Suez	0.0674	0.0745
2014	1	Busan	0.2310	0.2690
	2	Singapore	0.0897	0.1069
	3	Hongkong	0.0759	0.1000
	4	Shenzhen	0.0724	0.0690
	5	Shanghai	0.0621	0.0724
2015	1	Busan	0.2310	0.2673
	2	Singapore	0.1023	0.1023
	3	Hongkong	0.0858	0.0858
	4	Shanghai	0.0792	0.0924
	5	Portklang	0.0858	0.0726
2016	1	Busan	0.2590	0.2590
	2	Singapore	0.0852	0.0951
	3	Shanghai	0.0918	0.0820
	4	Portklang	0.0754	0.0787
	5	Hongkong	0.0787	0.0656

주 : 부산항의 컨테이너 정기선 항로를 분석하였기 때문에 부산항의 중심성이 상위에 있음

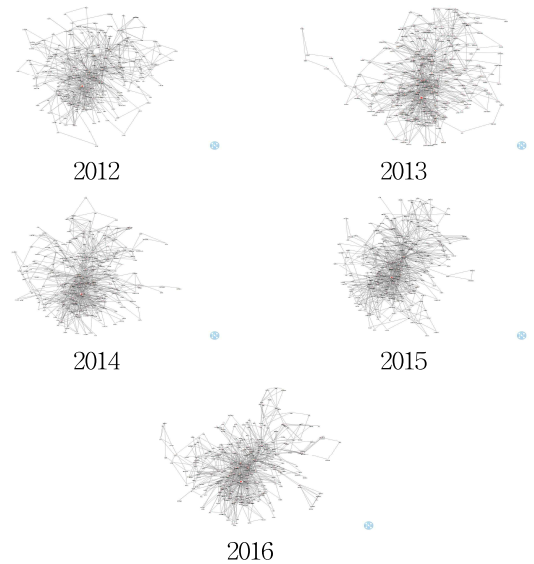


Fig. 4 Degree centrality Spring map(2012~2016)

근접 중심성은 네트워크 내 모든 노드와의 연결거리를 측정하는 것을 의미하며, 한 노드의 근접도는 네트워크의 다른 모든 노드들과 얼마나 근접하게 연결되어 있는가 하는 개념을 나타낸다. 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로 네트워크(2012년~2016년)상에서는 부산항을 제외하고 싱가포르항, 선전항이 빈번한 순위 변화를 보이면서 상위를 유지하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 홍콩항은 연결정도 중심성과 유사하게 상위를 유지하다가 2016년 중심성이 낮아지는 추세를 보였다. 그 다음으로 닝보항과 카오슝항은 순위가 떨어지고 있는 반면 상해항은 순위가 높아지고 있는 것으로 분석되었다. 이는 부산항 컨테이너 정기선 네트워크상에서 부산항을 제외한 싱가포르항, 홍콩항, 선전항이 가장 빨리 다른 항만에 영향을 주거나 받을 수 있는 영향력이 크다고 할 수 있다.

Table 5 Closeness centrality analysis result

Year	Rank	Port	In Closeness Centrality	Out Closeness Centrality
2012	1	Busan	0.4097	0.4047
	2	Hongkong	0.3640	0.3700
	3	Singapore	0.3338	0.3797
	4	Shenzhen	0.3469	0.3604
	5	Ningbo	0.3487	0.3408
2013	1	Busan	0.3989	0.3874
	2	Hongkong	0.3522	0.3588
	3	Shenzhen	0.3436	0.3552
	4	Singapore	0.3182	0.3790
	5	Kaohsiung	0.3369	0.3431
2014	1	Busan	0.3976	0.4149
	2	Singapore	0.3653	0.3836
	3	Hongkong	0.3502	0.3791
	4	Shenzhen	0.3502	0.3598
	5	Kaohsiung	0.3409	0.3444
2015	1	Busan	0.4152	0.4197
	2	Singapore	0.3763	0.3930
	3	Hongkong	0.3611	0.3736
	4	Shenzhen	0.3505	0.3764
	5	Shanghai	0.3557	0.3629
2016	1	Busan	0.4089	0.4008
	2	Singapore	0.3621	0.3782
	3	Shenzhen	0.3331	0.3684
	4	Manzanillo	0.3479	0.3472
	5	Shanghai	0.3409	0.3508

주 : 부산항의 컨테이너 정기선 항로를 분석하였기 때문에 부산항의 중심성이 상위에 있음

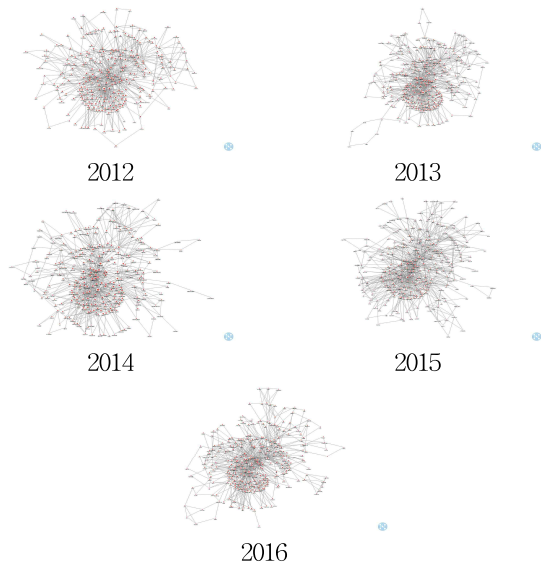


Fig. 5 Closeness centrality spring map(2012~2016)

매개 중심성은 다른 노드 간 연결을 매개하는 빈도로 측정되며, 노드 간 네트워크를 구축하는데 있어 중개자 역할을 얼마나 수행하느냐를 측정하는 개념이다. 따라서 이 노드가 제거될 경우 네트워크 전체 연결과 흐름에 영향을 미친다고 할

수 있다. 부산항을 입출항하는 컨테이너 정기선 항로 네트워크상 매개 중심성을 분석한 결과 부산항을 제외하고 싱가포르항이 지속적으로 매개 중심성이 가장 높게 분석되었다. 또한 세계 물동량의 20%가 통과하는 수에즈항도 지속적으로 매개 중심성이 높게 분석되었다.

Table 6 Betweenness centrality analysis result

Year	Rank	Port	Betweenness Centrality
2012	1	Busan	0.4902
	2	Singapore	0.2002
	3	Suez	0.1450
	4	Hongkong	0.1235
	5	Dalian	0.1012
2013	1	Busan	0.5101
	2	Singapore	0.1976
	3	Suez	0.1688
	4	Hongkong	0.1020
	5	Portklang	0.0905
2014	1	Busan	0.4971
	2	Singapore	0.2641
	3	Suez	0.1381
	4	Portklang	0.1123
	5	Hongkong	0.1121
2015	1	Busan	0.4977
	2	Singapore	0.2320
	3	Portklang	0.1572
	4	Suez	0.1108
	5	Manzanillo	0.0897
2016	1	Busan	0.5174
	2	Singapore	0.2010
	3	Suez	0.1664
	4	Portklang	0.1413
	5	Manzanillo	0.1036

주 : 부산항의 컨테이너 정기선 항로를 분석하였기 때문에 부산항의 중심성이 상위에 있음

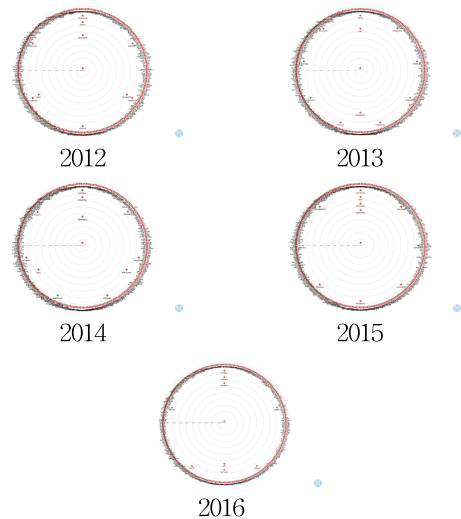


Fig. 6 Betweenness centrality spring map(2012~2016)

4.5 네트워크상 중심성 분석 값과 물동량 변화의 상관관계

본 연구를 통해 연도별 주요 국가 항만별 처리 물동량 순위와 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크상 중심성 분석 결과를 상호 비교하였을 때 그 순위가 서로 상이한 것으로 파악되었다. 즉, 부산항과 주요 국가 항만별 컨테이너 처리 물동량 순위에서는 중국 동부 항만이 대부분 상위권을 점하고 있으나 이는 네트워크상 중심성 결과와는 차이가 있는 것으로 나타났다. Kang(2015)의 연구 결과가 지적한바와 같이, 이는 항만들이 실제 처리하는 컨테이너 물동량과 네트워크상 간의 영향력은 다른 것으로 분석되었다.

Table 7 Correlation between the analysis value of network centrality and the change of freight volume

Year	Rank	Freight volume	Degree centrality	Closeness centrality	Betweenness centrality
2012	1	Tianjin	Singapore	Singapore	Singapore
	2	Qingdao	Shanghai	Shenzhen	Dalian
	3	Shanghai	Shenzhen	Ningbo	Yokohama
2013	1	Tianjin	Singapore	Shenzhen	Singapore
	2	Qingdao	Shenzhen	Singapore	Portklang
	3	Shanghai	Yokohama	Kaohsiung	Manzanillo
2014	1	Tianjin	Singapore	Singapore	Singapore
	2	Qingdao	Shenzhen	Shenzhen	Portklang
	3	Shanghai	Shanghai	Kaohsiung	Manzanillo
2015	1	Tianjin	Singapore	Singapore	Singapore
	2	Qingdao	Shanghai	Shenzhen	Portklang
	3	Shanghai	Portklang	Shanghai	Manzanillo
2016	1	Tianjin	Singapore	Singapore	Singapore
	2	Qingdao	Shanghai	Shenzhen	Portklang
	3	Shanghai	Portklang	Manzanillo	Manzanillo

5. 결 론

5.1 연구결과 및 시사점

본 연구에서는 부산항을 중심으로 사회연결망 분석을 이용하여 부산항을 기항하고 있는 컨테이너 정기선 항로의 패턴 분석을 통해 부산항과 연결되어 있는 항만 네트워크의 구조적인 특성을 살펴보았다. 본 연구는 부산항 중심으로 항만 네트워크 구조를 파악하고 세계 주요항만의 중심성을 파악한 연구이며, 실제 부산항을 기항하는 정기선의 서비스 항로에 따른 기항패턴을 활용하여 분석하였다. 또한 연도별 중심성 추이를 분석하고자 시계열 자료(2012년~2016년)를 이용하였다.

먼저 2012년부터 2016년까지 부산항의 지역별 컨테이너 정기선 항로 현황을 분석한 결과 358개에서 연도별 약 10.4% 증가율을 보이며 증가하는 것으로 나타났다. 또한 부산항은 국내 컨테이너 물동량의 75%를 처리하는 만큼 광양, 인천항과 다르게 유럽, 남미, 중동, 대양주, 아프리카까지 정기선 항로가 다변화 되고 있는 것으로 나타났다.

항만 네트워크의 구조적인 특성으로 부산항 컨테이너 정기

선 항로가 구성하는 항만 네트워크는 2012년부터 2016년까지 평균 293개 항만으로 구성되어 있으며, 링크의 평균수는 1,124개로 나타났다. 항만 네트워크의 밀도는 평균 0.013이며, 평균 거리는 4.222로 분석되어 부산항 네트워크 특성은 여섯 단계의 분리이론과 같음을 반증하였다. 또한 2012년부터 2016년까지의 연도별 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크를 시각화하여 살펴보고자 연결구조가 잘 드러나도록 노드를 배치하고, 연결구조의 특성을 직관적으로 표현할 수 있는 네트워크 시각화 기법인 힘기반 그래프 배치 알고리즘을 활용하였다.

부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크 중심성 분석결과 연결정도 중심성 순위는 부산항을 제외하고 싱가포르항이 지속적으로 중심성이 높게 분석되었다. 반면 홍콩항은 지속적으로 상위를 유지하다가 2016년 중심성이 낮아지는 추세를 보였다. 근접 중심성 분석결과는 부산항을 제외하고 싱가포르항, 선전항이 빈번한 순위 변화를 보이며 상위를 유지하는 것으로 나타났다. 반면 홍콩항은 연결정도 중심성 결과와 비슷하게 지속적으로 상위를 유지하다가 2016년 중심성이 낮아지는 추세를 보였으며, Ningbo항과 카오슝항은 순위가 떨어지고 있는 것으로 분석되었다. 매개 중심성 또한 부산항을 제외하고 싱가포르항이 중심성이 가장 높게 분석되었으며, 이는 유럽과 아시아의 무역로를 잇는 지리적 이점을 가진 위치에 있어 매개자 역할을 한다고 볼 수 있다. 세계 물동량의 20%가 통과하는 수에즈항도 지속적으로 매개 중심성이 높게 분석되었다. 또한 항만 네트워크에서 매개 중심성은 선사들에 의해 항만과 항만을 연결시켜주는 것으로 볼 수 있기 때문에 매개 중심성 지표가 높을수록 환적 물동량을 높일 수 있는 항만으로 볼 수 있는데 본 연구에서 분석한 결과 세계 주요컨테이너 환적 항만인 싱가포르항, 탄중펠레파스항, 포트클랑항 등이 중심성이 높게 분석된 것으로 보아 매개자 역할을 한다는 사실을 반증하고 있다.

본 연구를 통해 부산항 컨테이너 정기선 항로 패턴의 중심성을 분석한 결과 네트워크상 부산항에 지속적으로 높은 영향력을 가지는 항만은 싱가포르항으로 분석되었다. 하지만 2012년부터 2016년까지 부산항과 싱가포르 간의 컨테이너 처리 물동량은 낮은 비율을 차지하고 있기에 물동량과 네트워크상의 영향력은 동일하지 않다는 점을 밝혀냈다. 또한 실제 연도별 부산항 연계 주요 국가 항만별 처리 물동량 순위와 부산항 컨테이너 정기선 항로 네트워크 중심성 분석 결과 간 순위 비교 결과는 서로 상이한 것으로 나타났다. 즉 실제 처리하는 컨테이너 물동량과 컨테이너상 간의 영향력은 다른 것으로 분석되었다. 특히 부산항 처리 물동량의 높은 비율을 차지하고 있는 중국 동부항만이 부산항 컨테이너 정기선 네트워크상에서 보았을 때 부산항의 허브항이라 보기 어렵다는 점을 확인하였다.

따라서 부산항 컨테이너 정기선 서비스 항로 수는 증가하더라도 해당 항로에 투입되는 선박이 중소형으로 한정되어 있는 것으로 추정할 수 있다. 또한 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로 네트워크상 주로 싱가포르항과 연결되어 있는 것

으로 분석되었으며, 이는 부산항이 싱가포르항 기항을 위한 피더항(Feeder Port)의 성격을 띠고 있는 것으로 추정된다.

5.2 연구의 한계점 및 향후 연구방향

본 연구는 부산항을 중심으로 네트워크분석 연구를 진행하였기 때문에 네트워크 상 중심성 분석 결과는 부산항이 가장 높게 나왔으며, 단일 항만을 중심으로 연구가 진행되었다는 점에서 그 한계점을 가지고 있다. 또한 컨테이너 정기선 항로에 대한 자료는 선사 측의 마케팅 및 보안의 이유로 공시되지 않았기 때문에 본 연구에 사용된 데이터는 부산지방해양수산청과 부산항만공사 등 부산항 관련 유관기관 내부 자료를 통해 연구를 진행한 점에서 자료 확보의 어려움이 있었다.

본 연구를 바탕으로 향후 연구에서는 부산항 뿐만 아니라 인천항, 여수·광양항, 울산항 등 국내 항만의 컨테이너 정기선 항로 분석을 통해 국내 항만들과 글로벌 항만 간의 네트워크 중심성 분석을 진행하면 우리나라 항만을 기항하는 컨테이너 선의 기항패턴에 대해 심층적인 분석이 가능할 것으로 판단된다. 또한 현재 국내 컨테이너항만의 주요 물동량 창출원인 한-중, 한-일 등 인트라아시아 간 항만을 기항하는 선사들을 중심으로 중심성을 분석하는 것도 의미가 있을 것으로 판단된다. 이를 토대로 국내와 주요 교역국가 간의 수·출입 물동량 변화와 상관관계 분석을 통해 향후 국내 컨테이너 항만들의 포트세일을 위한 주요 척도로 활용할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 국내선사 중 기간항로, 피더항로 간 네트워크 분석을 통해 네트워크상에서 두 항로를 연결하는 중심항인 허브항을 파악하고, 기존 피더항로 서비스 영역이었던 아시아 역내 시장에 기간항로 서비스를 제공하는 원양선사들의 노선 확대에 따른 변화에 대해 연도별 항로패턴 분석이 가능할 것으로 판단된다.

References

- [1] Busan Port Authority(2017a), Busan Port Container Transportation Statistics.
- [2] Busan Port Authority(2017b), Busan Port Logistics Information System.
- [3] Busan Port Authority(2017c), Busan Port Statistical Booklet.
- [4] Ducruet, C. and Notteboom, T. E.(2012), "Developing Liner Service Networks in Container Shipping", Maritime Logistics: A complete guide to effective shipping and port management, Kogan page, London, ISBN 9780 7494 6369 4, pp. 77-100.
- [5] Fremont, A.(2007), Global maritime networks: the case of Maersk. Journal of Transport Geography, 15(6), pp. 431-442.
- [6] Freeman, L. C.(1979), Centrality in social networks conceptual classification. Social Networks, 1(3), pp. 215-239.
- [7] Jeon, J. W. et al.(2016), "An Analysis of the Cruise Courses Network in Asian Regions Using Social Network Analysis", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 32, No. 1, pp. 17-28.
- [8] Jhang, S. E. and Lee, S. H.(2016), "A Study of Themes and Trends in Research of Global Maritime Economics through Keyword Network Analysis", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 32, No. 1, pp. 79-95.
- [9] Jung, B. M.(2003), "The Growth of Containership Size and Shipping Market Trend", The Journal of Shipping and logistics, Vol. 37, pp. 19-30.
- [10] Kang, D. J. et al.(2014), "A Study on the Liner Shipping Network of the Container Port", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 30, No. 1, pp. 73-96.
- [11] Kang, D. J.(2015), "A Study on the Impact of Liner Shipping Network Characteristics to the World Regional Major Port Performance", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 31, No. 4, pp. 189-207.
- [12] Kim, J. H. and Kwon, O. K.(2014), "Correlation Between Network Centrality and Efficiency of Ports: Using Social Network Analysis", Korean Journal of Logistics, Vol. 22, No. 4, pp. 1-15.
- [13] Kim, T. G. et al.(2014), "Characteristics of Korean Film Market by Using Social Network Analysis", The Korea Contents Society, Vol. 14, No. 6, pp. 93-107.
- [14] Lee, S. S. (2012), Network Analysis Methodology, Nonhyoung.
- [15] Park, C. H. et al.(2000), "Study of Establishment of the Northeast Asian Port Logistics Networks focused on the South and North Korean Ports", The Journal of Shipping and logistics, Vol. 31, pp. 91-116.
- [16] Park, K. H.(2016), "Analysis of the Changes of Liner Service Networks by Using SNA", Incheon National University, Graduate school of Logistics, Master degree dissertation.
- [17] Park, Y. A. and Choi, K. Y.(2013), "Analysis of Development of Korea-Japan Liner Routes and Characteristics of Container Throughput", The Journal of Shipping and logistics, Vol. 76, No. 1, pp. 53-81.
- [18] Shuaian, W. Qiang, M. Zhuo, S., 2013. Container routing in liner shipping. Transportation Research Part E49, pp. 1-7.
- [19] Sohn, D. W.(2002), Social Network Analysis, Kyeongmunsa.

- [20] Suh, H. R.(2013), “Correlation Between Network Centrality and Efficiency of Ports: Using Social Network Analysis”, Seoul National University, Graduate school of Geography, Master degree dissertation.
- [21] Wang, S., Liu, Z., & Meng, Q., 2015. Segment-based alteration for container liner shipping network design. *Transportation Research Part B: Methodological*, 72, pp. 128-145.

Received 23 April 2018

Revised 20 September 2018

Accepted 22 November 2018