

■ 論 文 ■

공항 네트워크의 특성 분석-한중일 항공시장 통합을 전제로
 An Analysis for Airport Network Characteristics Assuming the Integrated Aviation Market
 of Korea, China and Japan

오 성 열
 (한국교통연구원 연구원,
 인하대학교 물류대학원 박사과정)

박 용 화
 (인하대학교 아태물류학부,
 물류전문대학원 교수)

윤 신
 (대한항공 상무이사,
 인하대학교 물류전문대학원 박사과정)

목 차

- I. 서론
- II. 기존 문헌 연구
- III. 한·중·일 공항 네트워크 분석
 - 1. 한·중·일 항공교통량
 - 2. 한·중·일 공항 네트워크 분석
- IV. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 공항 네트워크, 연결도, 근접도, 매개중심성, 통합운송시장
 Airport Network, Connective Degree, Closeness, Betweenness Centrality, Integrated Air
 Transport Market

요 약

항공운송 시장은 항공사의 수많은 네트워크로 구성되어 있으며 공항은 이들 항공사들이 터를 잡고 있는 곳이다. 지금까지 항공시장의 분석은 주로 항공사나 공항을 대상으로 효율성을 평가하고 경쟁력을 비교하여 왔으며, 그 지표로서 노선수, 여객수, 환승률, 수익, 비용 등을 사용해왔다. 그러나 공항이 구축한 네트워크 자체의 특성을 가지고 분석한 경우는 드물었다. 본 연구는 공항을 중심으로 연결되어 있는 공항 네트워크를 대상으로 사회과학, 물리학, 컴퓨터공학 등 다양한 분야에서 활용되고 있는 네트워크의 특성 분석 방법론을 적용하고자 하였다. 본 연구의 네트워크 범위는 한국, 중국, 일본 등 3국의 통합된 항공운송시장으로 가정하였다. 네트워크의 특성 분석은 ‘연결정도’, ‘근접도’, ‘매개중심성’ 등 3개 요소로 나누어 이루어졌고 그 결과 연결정도와 근접도가 모두 우수한 공항으로는 인천 공항이 선정되었다. 향후 한중일의 통합운송시장이 실현될 경우, 중요성이 커질 공항으로는 중국의 선양공항으로 보았다. 일본의 공항들은 연결정도에서는 강하나 근접도와 매개중심성 측면에서 중국의 주요 공항보다는 상대적으로 열악한 것으로 나타났다.

Air transport markets are composed of airlines' networks through their base airports. The analysis of an air transport market has been focusing on determining the efficiency or competitiveness of airports or airlines in the market using number of routes, number of passengers, transfer rates, revenues, costs, and other data. However, little work has been done in analyzing the airport network itself. Assuming the air transport markets of Korea, China, and Japan are integrated, this paper aims to analyze the characteristics of the resulting airport network. To that end, the degree of connectivity, the degree of closeness, and the betweenness of centrality are employed. The analysis shows that Incheon International Airport is better than most other airports in terms of the degree of connectivity and that of closeness. Airports in Japan, however, exhibit strong connectivity but weak closeness and betweenness of centrality. Although it has low connectivity, Shenyang Airport has a possibility of becoming an attractive point of the integrated market in the future due to its high degree of closeness.

본 연구는 인하대학교 연구비 지원으로 수행하였음.

I. 서론

세계 항공운송 시장은 역사적으로 두 차례의 오일 쇼크, 9·11테러의 영향 등으로 몇 번의 부침은 있었지만 인적·물적 교역의 증가로 인하여 지속적으로 성장해 왔다. 미국이 주도한 강력한 글로벌 자유무역시장 체제인 WTO와 FTA는 세계 경제를 하나의 시장으로 유도하고 있으며, 항공시장 또한 글로벌화와 항공자유화의 확대로 점점 광대하고 복잡한 네트워크로 변화되고 있다.

자유무역시장의 질서는 자국 시장을 보호하려는 빗장의 힘을 점차 약화시켰고 이에 따라 항공 네트워크 또한 규제와 보호주의의 벽을 넘어 점차 광범위한 네트워크로 확대하려는 본성을 더욱 두드러지게 나타내고 있다.

현재까지의 항공시장은 북미와 유럽 시장이 주도하였지만, 향후에는 아시아·태평양 지역이 가장 큰 비중을 차지하게 될 전망이다. 성장 잠재력이 가장 큰 아·태 항공시장에서 한국, 중국, 일본 3국은 시장의 지배력을 강화하기 위해 1990년도 말부터 한·중·일 항공운송시장을 통합하는 방안을 논의해 오고 있다.

지금까지 각 국 정부는 지역 내 항공운송시장을 통합한다는 원칙에는 동의하지만 시장통합의 효과와 이에 대한 준비 사항 등과 같은 실질적인 행동은 더딘 행보를 보이고 있는 실정이다.

지금까지 항공운송 분야의 연구는 1978년 미국의 규제완화 전·후의 항공운송 시장의 특성 변화, 허브 앤 스포크(Hub-and-Spoke) 네트워크에 많은 관심을 보여왔고, 대규모 허브 공항의 경쟁력 비교에 대한 연구 또한 많이 수행되었다.

본 논문은 규제완화가 시행된 시장 환경 아래에서 경제적인 관점보다는 유기체적인 성격을 띠고 있는 네트워크 자체에 초점을 두고자 하였다. 즉, 구축된 네트워크를 통해서 언어 지는 항공사나 공항의 경제적 이득보다는 항공 네트워크 자체의 구성과 특성을 파악하는 것이 본 연구의 핵심 내용이다. 항공운송시장은 수많은 항공사의 네트워크로 구성되어 있으며, 공항은 이들 항공사들의 근거지가 된다.

네트워크에 관한 연구는 사회과학, 물리학, 생물학, 컴퓨터공학 등 다양한 분야에서 광범위하게 이루어지고 있

다. 본 논문은 항공운송시장에 이런 네트워크 이론을 적용하여 공항 네트워크 자체의 특성을 분석하고자 하였다.

II. 기존 문헌 연구

공항 네트워크에 관한 연구는 흥미롭게도 전염병 확산 관련 네트워크 연구 분야로부터 시작되었다. Guimerà 외 (2003)는 전 세계 공항들의 네트워크를 분석하면서 두 가지의 주요 결과를 제시하였다. 첫째로 등급(degree)과 중심성(betweenness)¹⁾의 분포는 거듭제곱의 법칙(Power-law)이 존재한다는 것이고, 두 번째로 일반적으로 가장 많이 연결된 도시는 가장 중심성이 높은 도시가 반드시 아니라는 것이다. 이후 그들의 논문(2004, 2005)에서는 두 번째 결과를 설명하기 위한 모형을 만들기 위해 지정학적이고 정치적인 제약조건들을 포함시켰다.

Guimerà 외 (2005) 연구에서는 등급과 중심성을 기준으로 세계 공항들을 <표 1>과 같이 평가하였다. 앵커리지의 경우 등급은 낮지만 중심성이 높는데 그 이유는 앵커리지 가 비록 캐나다에 지리적으로 가깝지만 미국 본토의 몇몇 주요 도시로만 연결되려는 속성이 강하여 등급이 낮은 반면, 알래스카 주 내에서의 네트워크는 앵커리지를 허브로 하여 본토와 연결되기 때문에 중심성은 높은 것이다.

Li와 Cai (2004)는 중국의 공항 네트워크에 대한 연구를 수행 하였다. 본 연구에서 중국의 공항 네트워크는 경로의 평균 길이가 짧고, 클러스터의 정도가 높은 작은 세계(small world)²⁾의 특성을 갖고 있다고 밝혔다.

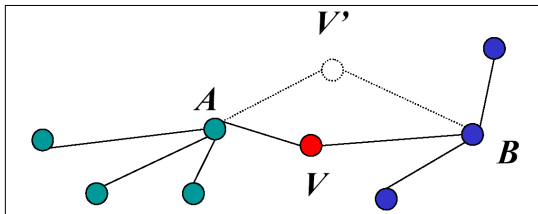
<표 1> 세계 항공 네트워크에서의 중심성 순위

순위	도시명	중심성	등급	순위	도시명	중심성	등급
1	파리	58.8	250	11	시애틀	34.3	89
2	앵커리지	55.2	39	12	홍콩	30.8	98
3	런던	54.7	242	13	시카고	28.8	184
4	싱가포르	47.5	92	14	토론토	27.1	116
5	뉴욕	47.2	179	15	부에노스아이레스	26.9	76
6	로스앤젤리스	44.8	133	16	상파울로	26.5	82
7	포트모르즈비	43.4	38	17	암스테르담	25.9	192
8	프랑크푸르트	41.5	237	18	멜버른	25.5	58
9	도쿄	39.1	111	19	요하네스버그	25.4	84
10	모스크바	34.5	186	20	마닐라	24.4	67

1) 여기서 'Degree'는 1개 노드에 연결된 링크의 수를 뜻하며, 'Betweenness'는 1개 노드를 통과하는 경로의 수를 뜻함.

2) Watts(1999)는 작은 세계를 4가지의 공리로 설명하였는데, 하나는 이 네트워크는 n 사람이 포함된 만큼 임의적으로 매우 크며 현실에서는 수 십억 명이 된다는 것임. 두 번째는 네트워크가 성기다는 것인데, 각 개인은 평균적으로 다른 몇 사람하고만 연결되어 있다는 것임. 세 번째는 우월한 중심점은 없이 분산화 되어 있다는 것이고, 네 번째는 매우 집단화되어 있다는 것임.

<표 2> 기존 문헌 연구에서의 지표 관계 설명



등급	한 노드에서 바로 연결되는 링크의 수 (A의 등급: 4, B의 등급: 3)
중심성	노드 i 로 이루어지는 링크 중 최단경로의 수 (V 의 중심성은 V' 가 없을 경우 1이라 볼 수 있으나, V' 가 생길 경우 그 값은 $1/2$ 이 됨)
클러스터	최대 링크로 연결될 수 있는 수 대비 연결된 링크 수 (A의 경우 4/7, 값이 클수록 추가 연결의 가능성이 높음)
운행편수	N 개의 노드로 구성되는 매트릭스 $A(N \times N)$ 의 a_{ij} 는 일주일 중 한 편이라도 있다면 1임. 여기에 주 운항편수의 양에 따라 가중치를 두어 w_{ij} 로 분석

최근에 Bagler (2008)는 인도의 공항 네트워크를 분석하였는데, 여기서 그는 네트워크에 운항편수라는 요소를 고려하였다. 이는 기존의 위상적인(topological) 관점에서 주로 논의하였던 것에서 동적인 흐름으로 확대된 것으로 볼 수 있다. 그는 인도의 공항 네트워크 역시 작은 세계의 특성을 갖고 있음을 밝혔고, 가장 가까운 주변 노드의 등급과 자신의 등급 간의 관계 특성이 전 세계에서 형성된 등급과는 다르다는 것을 밝혔다.

Guimerà 외 (2003), Li와 Cai (2004), Bagler (2008) 등의 연구에서 언급된 지표들의 관계를 정리하면 <표 2>와 같다.

본 논문에서는 이와 같은 유사한 연구를 바탕으로 한·중·일 항공시장이 통합된다는 가정을 바탕으로 공항 네트워크의 특성을 분석하고자 하였다.

본 논문은 네트워크의 대상이 기존 연구와는 다르다. 기존 연구의 대상이 전 세계 공항과 일개 국가의 공항을 대상으로 하였다면, 본 연구는 한국, 중국, 일본 3국의 공항들을 대상으로 하고 국제선만을 고려하였다는 것이 다른 점이다.

항공시장이 통합되면 사실상 양 국가 간의 운수권에 대한 협정 없이 자유롭게 항공사의 판단에 따라 국내선처럼 운항할 수 있음을 뜻한다. 즉, 노드와 링크를 연결하는데 제약이 사라지는 효과가 나타나며 네트워크 환경은 더욱더 자유롭게 되어 그 특성이 보다 잘 나타날 것으로 판단된다.

III. 한·중·일 공항 네트워크 분석

1. 한·중·일 항공교통량

최낙균 외 (2008)에 의하면 한국, 중국, 일본의 경제 규모는 2007년 기준으로 약 8조 6,266억 달러로 전 세계 GDP의 15.9%에 달하며, 교역 규모는 4조 2,358억 달러로 전 세계 교역의 15.1%로 나타났다.

전 세계 항공운송 시장에서 동북아시아 3국의 위상을 살펴보면, 한·중·일 3국의 총 운송량은 80,699백만 톤킬로미터로 전 세계 운송량의 15.7%를 차지하고 있다. 개별 국가의 항공 운송실적을 자세히 살펴보면 <표 3>과 같이 한국-중국은 연간 692만 명, 한국-일본은 630만 명, 그리고 중국-일본은 약 1,000만 명 수준을 보였다. 우리나라의 경우, 국제선 운송량 중에서 중국과 일본의 노선에서 발생하는 운송량 비율은 각각 27%와 25%이다. 따라서 우리나라는 중국과 일본 시장의 절반을 넘는 매우 중요한 곳을 알 수 있다. 중국과 일본도 상대 2개국 교통량이 각 국 전체의 32%, 39%로서 3개국은 각 국가의 교통량에서 서로 매우 중요한 국가라는 사실을 알 수 있다.

각 국가의 교역 규모 중 대 2개국이 차지하는 비중이 한국이 31%, 중국이 18%, 일본이 24%인 점을 감안한다면, 상대방 2국이 자국의 교역에서 차지하는 중요성보다 항공교통 부문에서의 중요성이 더 큼을 알 수 있다.³⁾

<표 3> 한국, 중국, 일본의 항공교통량 현황

국가명	항공 교통량 (백만 톤킬로미터)	국제선 총 연간 교통량	3국간의 교통량(2006년)		
			한국	중국	일본
한국	14,307	2,557만 명	-	692만 명 (27%)	630만 명 (25%)
중국	44,683	5,333만 명	692만 명 (13%)	-	1,000만 명 (19%)
일본	21,706	4,252만 명	630만 명 (15%)	1,000만 명 (24%)	-

주 : 1) 각 국의 '항공교통량'은 한 국가 전체의 교통량('06)이며 국내, 국제, 여객, 화물을 포함. 자료는 ICAO의 Annual Report로부터 구함.
 2) '3국간의 교통량'은 주요 국제공항(베이징, 푸둥, 평조우, 홍콩, 나리타, 하네다, 간사이, 인천)의 '05년 실적을 바탕으로 구한 것이며 자료는 AAE(2006)에서 인용하여 정리함.
 3) 괄호 안의 숫자는 각 국가의 국제선 총 교통량에서 상대 국가 간의 교통량이 차지하는 비중임.

3) 조양현(2009), 후쿠오카 한·중·일 3국 정상회의 평가 및 전망, 주요 국제문제 분석, 외교안보연구원.

2. 한·중·일 공항 네트워크 분석

한국, 중국, 일본의 공항 네트워크 분석은 이들 3개 국가가 하나의 시장이라고 가정한 상황에서 이루어졌다. 이러한 가정을 설정한 이유는 전 세계를 대상으로 네트워크를 구축한다고 할 경우, 범위가 매우 넓어서 분석하는데 어려움이 있기 때문에 범위를 축소코자 한 것이었다. 따라서 한·중·일을 대상으로 할 경우 네트워크의 규모도 상대적으로 작아 자료 구축이 용이하고 향후 통합운송시장으로 형성될 가능성이 높아 잠재적 의의가 있다고 보았기 때문이다. 또한 분석에서는 각 국가의 내부 네트워크는 무시하고 국가 간 네트워크에 초점을 두었다. 물론, 이 경우에는 우리나라의 국내선 네트워크 자체가 매우 간결한 반면에 중국과 일본은 상대적으로 조밀하고 넓은 범위의 네트워크를 갖추고 있어, 실제 한·중·일 항공시장이 통합이 되었을 때는 반드시 국내선 노선도 포함하는 것이 바람직 할 것이다.

따라서 본 연구의 분석 대상은 한국, 중국, 일본에 속하는 공항이 되는 것이고, 노선으로 본다면 이들 3개 국가 내의 도시 간을 연결하는 국제선이 되는 것이다.

분석에 포함된 공항은 국제선 항공서비스가 이루어지고 있는 공항들로서, 우리나라의 경우에는 인천, 김포, 김해, 제주 등 8개 공항이 포함되었으며, 중국은 33개, 일본은 23개로 총 64개 공항이 선정되었다. 네트워크 자료는 OAG(Official Airline Guide)의 2008년 3월에 발행된 책자에 명시된 내용을 인용하였다.

본 연구에서는 공항 네트워크를 3개의 특성으로 분석하였다. 첫째로, ‘연결정도’(degree of connectivity, k_i)로서 한 네트워크에서 한 점이 다른 몇 개의 점과 연결되어 있는 지를 의미하는 것이다 (손동원, 2008). 공항에 적용한다면 노선수가 되는 것이다.

$$k_i = \sum_{j=1}^N \alpha_{ij}$$

여기서, k_i : i 노드(공항)의 연결정도
 α_{ij} : i 와 j 를 연결하는 노선, 연결되어 있으면 1, 아니면 0
 N : 전체 노드의 수

둘째로는 ‘근접도’(closeness of closeness)로서 노드 i 에 연결된 최단 노선 길이의 평균을 뜻한다. 이는 물

리적인 거리이며 다른 도시와 얼마나 가까이 있는 지를 의미하는 것이다.

셋째로는 ‘매개중심성’(betweenness centrality, B_i)으로서 네트워크 내에서 한 점이 담당하는 매개자 혹은 중재자 역할의 정도를 뜻하며, 여기서는 전체 최단 노선 수 대비 i 를 거치는 최단 노선 수의 비율로 계산한다.

$$B_i = \frac{\sum_{j < k} \alpha_{jk}(i)}{\alpha_{jk}}$$

여기서, B_i : i 노드(공항)의 매개중심성을 나타내는 지수
 α_{jk} : 네트워크 내 특정 두 점(j 와 k) 사이에 존재하는 최단거리경로의 경우의 숫자
 $\alpha_{jk}(i)$: 두 점 j 와 $k(j \neq k)$ 사이에 존재하는 점 i 를 경유하는 횟수

위의 3개 지표를 측정하는 방법론은 현재까지는 위에서 제시하는 것이 보편적이라 판단되어 본 연구에서 이를 적용하기로 하였다. 이에 대한 새로운 방법론은 추후의 연구들을 통해 지속적으로 개발되고 발전될 것으로 보여 진다.

1) 연결정도

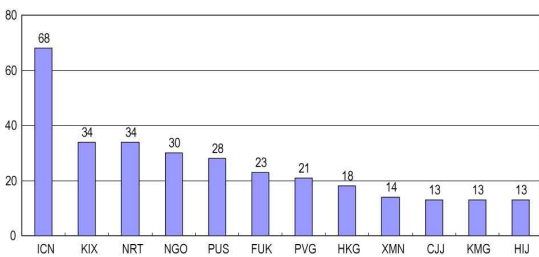
연결정도(degree of connectivity, k_i)를 분석한 결과는 <표 4>와 <그림 1>에 나타내었다. 우리나라 인천국제공항의 경우, K_i 가 68로서 다른 공항보다 월등히 높은 연결정도를 나타내고 있다. 중국 공항의 경우에는 푸둥과 홍콩에 많은 노선이 연결되어 있으며, 일본의 경우 간사이, 나리타, 나고야가 주요한 역할을 담당하고 있는 것으로 나타났다.

연결정도를 나타내는 k_i 에는 직항 외에 경유노선의 수도 포함되어 있으므로 연결도시(공항) 수보다 같거나 많게 되어 해석에 유의할 필요가 있다. 또한 경유노선은 여객의 편의성 측면에서는 직항노선보다는 일반적으로 가치가 적다는 것을 인식해야 한다. 이런 점을 감안하여 연결정도를 직항노선의 경우 1, 경유노선의 경우에는 0.5의 가중치를 부여하여 재분석 해보면 인천 61.5, 푸둥 21, 간사이 26.5, 나리타 25.5 등으로 나타난다. 경유노선의 가치 하락을 감안하여도 인천공항이 높게 나타난다.

<표 4> 동북아 공항들의 연결정도

순위	한국	중국	일본	한·중·일
1	인천(68)	푸둥(21)	간사이(34)	인천(68)
2	김해(28)	홍콩(18)	나리타(34)	간사이(34)
3	청주(13)	샤먼(14)	나고야(30)	나리타(34)
4	대구(12)	쿤밍(13)	후쿠오카(23)	나고야(30)
5	제주(9)	베이징(12)	히로시마(13)	김해(28)
6	김포(2)	광저우(11)	삿포로(10)	후쿠오카(23)
7	광주(2)	선양(10)	가고시마(9)	푸둥(21)
8	평양(2)	다롄(9)	나가사키(9)	홍콩(18)
9	-	시안(9)	오카야마(9)	샤먼(14)
10	-	청두(8)	고마쓰(8)	청주, 쿤밍, 히로시마(13)
전체	136	194	220	550

주 : 1) 괄호안의 숫자는 연결정도를 나타내는 숫자(노선수)임.
 2) 경유노선도 포함되며 이웃바운드만 대상으로 한 것임.



주 : ICN : 인천, KIX : 간사이, NRT : 나리타, NGO : 나고야,
 PUS : 김해, FUK : 후쿠오카, PVG : 푸둥, HKG : 홍콩,
 XMN : 샤먼, CJJ : 청주, KMG : 쿤밍, HJ : 히로시마

<그림 1> 공항별 연결정도 분석결과

각 공항의 직항노선수와 경유노선 수는 인천 55 : 13, 푸둥 21 : 0, 간사이 19 : 15, 나리타 17 : 17 등이다.

2) 근접도

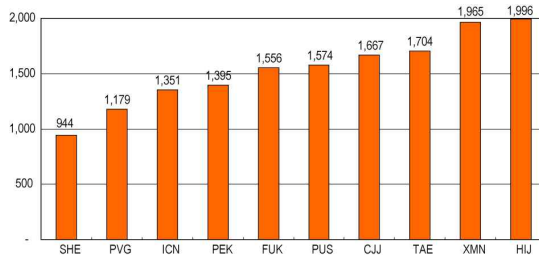
근접도(degree of closeness)는 노드인 공항이 주변 공항들과 얼마만큼 가까운 거리에 있는 지를 나타내는 값이다. 국가의 경계를 넘나드는 경우 국내에서의 통행과는 달리 세관, 출입국, 검역(CIQ, customs, immigration and quarantine)의 절차를 받게 되는 등 법상으로도 절차적으로 자유롭지 못하다. 국경선을 경계로 가까이 두 공항이 존재하여 근접도가 높아도 사실상 노선이 개설이 되지 않을 수도 있다. 따라서 이런 점을 잘 고려하여 해석해야 하고 근접도는 국경 통과와 절차가 보다 자유로운 것으로 예상되는 통합운송시장 같은 환경을 가정한 경우에 의미가 있게 되는 것이다.

근접도를 분석한 결과 평양이 가장 작은 값인 559km, 쿤밍이 가장 큰 값인 3,066km로 나타났다. 비행시간으로 치면 각각 1.5시간, 4~5시간 정도이다.

<표 5> 동북아 공항의 근접도

(단위 : km)

순위	모든 공항을 대상으로 한 경우		연결정도가 10 이상인 공항을 대상으로 한 경우	
	순위	거리	순위	거리
1	평양	559	선양	944
2	웨이하이	572	푸둥	1,179
3	오이타	624	인천	1,351
4	구마모토	629	베이징	1,395
5	엔타이	863	후쿠오카	1,556
6	광주	865	김해	1,574
7	선양	944	청주	1,667
8	제주	953	대구	1,704
9	김포	1,018	샤먼	1,965
10	칭타오	1,112	히로시마	1,996



<그림 2> 공항별 근접도 분석결과(연결정도가 10 이상)

평양의 경우 지리적으로 가까운 선양과 베이징 노선이 있으며, 쿤밍의 경우 중국 내륙에 있기 때문에 다른 도시와의 거리가 먼 편이다.

노선 간의 거리가 가까워 근접도가 높은 순서대로 분석하여 정리하면 <표 5>, <그림 2>와 같다.

한편 평양과 같이 2개의 노선만 갖고도 근접도가 높은 경우가 있어, 다소 의미를 확대하여 해석할 수 있는 문제점도 있다. 이에 따라 어느 정도 활발하다고 판단되는 공항, 즉 노선의 종류가 10개 이상인 공항만 별도로 분석해 보았다. 그 결과 상하이 푸둥, 인천, 베이징 등 주요 대도시의 공항들이 상위권에 포함되어, 이들 공항이 소재한 배후도시가 동북아 지역에서 지리적으로 양호한 위치에 있다고 판단되었다.

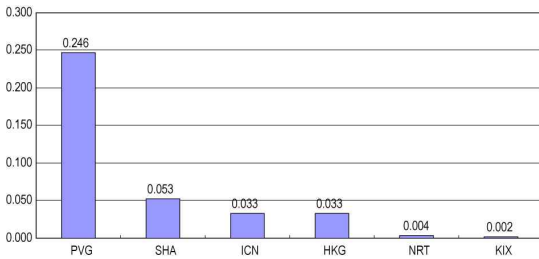
현재노선 연결정도가 낮아 큰 역할을 못하고 있지만 근접도 측면에서 향후 잠재력이 큰 도시로는 중국 동북 3성의 주요 도시인 선양을 꼽을 수 있다.

3) 매개중심성

매개중심성(betweenness of centrality, B_i)⁴⁾을 네트워크의 세 번째 특성으로 꼽을 수 있다. 이는 항공산업에서 흔히 얘기하는 허브(hub)⁵⁾의 정도를 나타내는 지표 중 하나라고도 볼 수 있다. 본 논문에서는 2개 점

<표 6> 한·중·일 공항의 매개중심성

순위	공항명	매개중심성 값
1	푸둥	0.246
2	홍차오	0.053
3	인천	0.033
4	홍콩	0.033
5	나리타	0.004
6	간사이	0.002

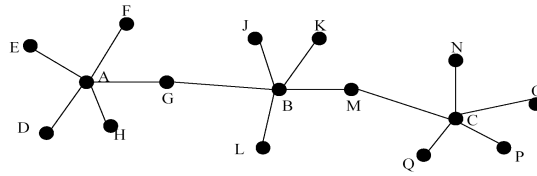


<그림 3> 공항별 매개중심성 분석결과

사이를 연결하는 노선 중에서 특정 점을 지나는 노선 수의 비율로 보았다. 분석결과 전체 64개의 공항 중에서 2개의 공항을 있는 노선 수는 한 방향을 1개로 간주할 때 모두 552개였다.

매개중심성(B) 분석결과는 <표 6>, <그림 3>과 같으며, 푸둥공항이 0.246으로 가장 높았고, 인천공항은 홍콩공항과 동일한 0.033으로 나타났다. 상해의 푸둥과 홍차오공항은 한국이나 일본에서 중국의 도시로 연결할 때, 매개중심적인 역할이 매우 강하다는 것을 알 수 있다. 일본의 나리타와 간사이공항은 그 역할이 약한 것을 알 수 있다. 또 다른 흥미로운 사실은 상하이의 두 공항인 푸둥공항과 홍차오공항을 거치는 노선이 많다는 것인데, 이는 국제선 위주의 푸둥공항이 한국이나 일본의 주요 도시를 연결하고 홍차오공항은 이를 다시 광범위한 중국 내 네트워크로 연결하고 있다는 것이다.

매개중심성이 높다고 여객의 편리성이 높은 것은 절대 아니다. 대륙 간 이동에서는 매개중심성이 높을수록 여객이 선택할 수 있는 노선의 수가 많아 편리한 측면이 있지만, 동북아의 지리 규모 정도면 목적지를 바로 연결하는 직항편이 많을수록 편리할 수도 있기 때문이다. 즉, 매개중심성보다는 연결정도의 가치가 더 크다고 볼 수 있다는 것이다.



자료 : 손동원(2008)

<그림 4> 중심성과 네트워크의 관계도

지금까지 한·중·일 공항의 네트워크를 연결정도, 근접도, 매개중심성 등을 주요지표로 분석하였다. 이들 개념들은 네트워크의 특성을 나타내는 것이므로 개별적인 분석보다는 서로 비교하여 해석하는 것이 더 큰 의미를 지닌다. 이를 위해 <그림 4>와 같은 개념도를 가지고 분석결과와 연계하여 설명하고자 한다.

<그림 4>에서 노드 A, B, C는 국지적으로 혹은 전체적으로 단번에 ‘중심’에 있다는 것을 알 수 있다. 이들 3개 점은 직접적으로 연결되어 있는 점의 수가 다른 어떤 점들보다 많음을 알 수 있다. 이런 개념이 연결정도이고 이것이 강한 공항으로는 인천, 간사이, 나리타 등이었다. 각각의 연결정도는 68, 34, 34 이었으며 숫자의 의미는 노선수가 되며 범위는 0 또는 그 이상의 정수가 되는 것이다.

그런데 A, B, C에서 노드 B는 전체 네트워크 측면에서 중심에 위치함을 알 수 있다. A와 C보다는 다른 점에 도달하는데 가까운 위치에 있다는 것이다. 이런 개념이 근접도가 되는 것이다. 근접도가 높은 공항으로는 평양, 웨이하이, 오이타였고 어느 정도의 연결(10개 이상)을 고려할 때의 근접도는 선양, 푸둥, 인천공항이 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 각각 944km, 1,170km, 1,351km 등이었으며, 값의 범위는 네트워크의 특성에 따라 다르겠으나 수 백 km에서 몇 천 km가 되겠다.

<그림 4>에서 또 한 가지 중요한 노드는 G와 M이다. G의 경우 A중심의 국지적 네트워크와 B 중심의 국지적 네트워크를 연결하는 유일한 매개가 된다. M도 같은 역할을 한다. 이런 개념이 매개중심성이고 이 성질이 강한 공항으로는 푸둥, 홍차오, 인천공항으로 나타났다. 각각의 매개중심성 값은 0.246, 0.053, 0.033 등으로 그 값의 범위는 수직상 1이하에서 0까지의 값을 갖는다. 1위와 2위의 값은 소수점 이하의 단위가 다를 만큼 많은

4) 매개중심성을 분석할 때, 지역(region)개념이 들어간 것으로도 분석할 수 있으나 여기서는 한국, 중국, 일본을 하나의 지역으로 보기 때문에 별도로 분석하지 않음.
 5) 허브란 허브앤스피크 네트워크에서 중앙의 노드를 뜻하며 이를 나타내는 지표로서 흔히 환승률을 대표지표로 활용해 왔다. 그러나 ‘허브’가 들어오고 나가는 흐름의 중심을 뜻하는 개념을 가진다고 본다면 환승률이 높다고 해서 허브공항이 되는 것은 아님. 따라서 환승률이 적어도 연결정도가 높으면 허브공항이라고 의미를 부여할 수도 있을 것임.

차이가 있다.

한·중·일 동북아 지역에서는 G와 M같이 유일한 매개 공항은 없다. <그림 4>에서 이들이 없는 네트워크 구조로 생각하면 된다. 이렇게 될 경우 매개중심성의 의미는 약해지며 연결정도와 근접성의 의미가 중요해진다.

동북아의 지도를 머릿속에 그려보면 일본은 지리적 중심이 되지 못한다는 것을 직관적으로 알 수 있다. 푸둥 공항 위쪽의 공항들이 지리적으로 중심이 될 것이며, 이 중 연결정도가 강한 곳으로는 인천공항이 되는 것이다. 현재 연결정도는 낮지만 지리적 강점인 근접도가 높은 곳은 중국의 선양이었다. 동북 3성의 경제규모에서 차지하는 선양의 비중⁶⁾을 고려하면 추후 발전 잠재력이 높은 곳이라 할 수 있다.

한편 주요 공항을 대상으로 경쟁력을 평가한 Park(2003)의 연구와 본 연구의 결과를 비교하여 그 의미를 살펴보고자 한다.

Park(2003)은 아시아의 8개 주요 공항인 인천, 나리타, 간사이, 홍콩, 푸둥, 장개석, 창이, 칼라룸푸르공항 등에 대해 서비스 경쟁력, 수요 경쟁력, 관리 경쟁력, 시설 경쟁력, 공간 경쟁력 등 5개 부문을 단순다결정모형(Simple Multi-decision Model)을 이용하여 분석하였다.

본 연구의 연결정도는 위 논문에서 제시하는 수요 경쟁력의 개념에 포함되어 있다. 본 논문의 대상 공항과 중첩되는 인천, 나리타, 홍콩, 간사이, 푸둥공항 등의 분석 결과를 보면 <표 7>과 같다.

인천, 간사이, 푸둥공항 등이 상승하고 홍콩공항은 상대적으로 순위가 낮아졌음을 알 수 있다. 본 연구는 한중일 국제선만을 대상으로 하였기 때문에 홍콩공항의 순위는 Park(2003)의 것보다 낮다.

본 연구와 Park(2003)의 연구를 상호 비교해 볼 때,

<표 7> 기존 연구와 본 연구 결과의 비교

순위	본 연구(2009)	Park(2003) 연구
	연결정도	취항항공사 및 운항횟수
1	인천	나리타
2	간사이	홍콩
3	나리타	창이
4	푸둥	장개석
5	홍콩	칼라룸푸르
-	-	6/7/8위 (간사이/인천/푸둥)

Park(2003)의 방법론은 많은 수의 노드와 링크를 대상으로 클러스터와 매개중심성과 같은 개념을 적용하기에는 어려운 방식임을 알 수 있겠다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

지금까지 항공시장의 분석은 이를 구성하는 항공사나 공항의 효율성과 경쟁력을 비교하는 지표들을 주로 사용해 왔으나, 네트워크 자체의 특성을 가지고 비교·분석한 경우는 드물었다.

본 논문은 이러한 점에 착안하여 네트워크의 일반적 인 특성을 공항의 네트워크에 적용해 본 것이었다. 즉, 한·중·일 항공시장이 통합되어 하나의 시스템이 되었을 경우를 가정하고, 이들 국가들 간의 공항 네트워크를 분석하고 특성을 밝히고자 하였다.

한·중·일 공항 네트워크에서 연결정도와 근접도가 모두 우수한 공항으로는 인천공항이었고, 향후 잠재력이 있는 공항으로는 선양공항이 선정되었다. 일본의 공항들은 연결정도에서는 강하나 근접도와 매개중심성에서는 중국의 주요 공항보다는 열악한 위치였다. 또한 한·중·일의 지리적 규모 상 매개중심성의 의미는 다른 두 가지 특성이 지니는 의미보다 낮다고 판단하였다.

한·중·일 항공운송 시장의 통합은 약 10여 년 이전부터 논의되어 오고 있지만 통합이 되었을 경우 구체적으로 전체 항공운송 네트워크는 어떻게 전개될 지, 각 국 또는 공항과 항공사들은 어떤 전략을 구사해야 하는 지에 대한 논의는 본격화되지 않은 실정이다. 위와 같은 분석을 통하여 좀 더 전략적으로 접근한다면 한국이 보다 능동적으로 한·중·일 통합항공시장을 선도할 수 있고 더욱 더 경쟁력 있는 공항과 항공사로 발돋움하는 데 도움이 될 것이다.

본 논문은 한·중·일을 시스템의 전부로 보았고 이를 벗어나는 네트워크는 분석에서 고려하지 않았다는 점이 한계로 남게 된다. 향후 연구에서는 노드와 링크에 사회경제적 가치를 부여하여 네트워크를 분석한다면 보다 정밀하고 의미 있는 연구결과가 도출 될 것으로 확신한다.

본 논문에서는 공항 네트워크를 분석함에 있어 개개의 노드와 링크가 가지는 가치는 한 단위(1)였다. 인천공항을 뜻하는 노드나 평양공항을 뜻하는 노드나 1이란 값으로 계산되었으며, 인천-푸둥 노선(링크)이나 평양-

6) 중국의 동북 3성은 요녕성, 길림성, 흑룡강성을 뜻하며 선양이 있는 요녕성의 국내총생산액은 1.35조 위엔으로 동북 3성의 총 생산액(2.8조 위엔, 2008년)의 약 48% 정도를 차지함. (출처 : 외교통상부 주 선양 총영사관(2009), 2008년 동북 3성 경제 동향)

베이징 노선이 동일한 가치 1로 고려되었다. 그러나 근접도 분석에서 보았듯이 '선양'이란 노드가 가진 사회경제적 역량은 '평양과 같을 수는 없을 것이다. 따라서 노드와 링크에 사회경제적 지표를 부여할 수 있다면 공항 네트워크를 보다 현실성 있고 설득력 있게 설명하는 방법론이 될 것이다. 가령 노드에는 인구나 경제력 규모, 링크에는 거리, 주요 항공사, 수송량, 교역량 등의 속성을 부여할 수 있을 것이다. 이는 네트워크의 가치가 되는 것이며 항공사는 노선 개설 시, 정부는 항공 정책 결정 시 이를 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 손동원(2008), 사회 네트워크 분석, 경문사
2. 외교통상부 주 선양 총영사관(2009), 2008년 동북 3성 경제 동향.
3. 조양현(2009), 후쿠오카 한·중·일 3국 정상회의 평가 및 전망, 주요 국제문제 분석, 외교안보연구원.
4. 최낙균·정형곤·김한성(2008), 한·중·일 3국의 FTA 비교분석과 동북아 역내국간 FTA 추진 방안, 대외경제정책연구원.
5. AAE(2006), Review for Master Plan of Incheon International Airport, Amsterdam Aviation Economics.
6. Bagler, Ganesh(2008), Analysis of Airport Network of India as Complex Weighted Network, Physica A, 387 : 2972-2980.
7. Guimerà, R., S. Mossa, A. Turtschi, and L. A. N. Amaral(2003), Arxiv/cond-mat 0312535.
8. Guimerà, R. and L. A. N. Amaral(2004), Modeling the world-wide airport network. Eur. Phys. J. B, 38 : 381-385.
9. Guimerà, R., S. Mossa, A. Turtschi, and L. A. N. Amaral(2005), The Worldwide Air Transportation Network : Anomalous Centrality, Community Structure, and Cities' Global Roles, Proc. Natl. Acad. Sci. (USA), 102 : 7794-7799.
10. ICAO, Annual Report 2007.
11. Li, W. and X. Cai(2004), Statistical Analysis of Airport Network of China, Physical Review E 69, 046106.
12. Watts, Duncan J.(1999), Network, Dynamics, and the Small-World Phenomenon, The American Journal of Sociology, Vol. 105, No. 2 : 493-527.
13. Yonghwa Park(2003), An analysis for the competitive strength of Asian major airports, Journal of Air Transport Management 9 (2003) 353-360.

✉ 주 작성자 : 오성열

✉ 교신저자 : 박용화

✉ 논문투고일 : 2009. 4. 24

✉ 논문심사일 : 2009. 7. 27 (1차)

2009. 8. 27 (2차)

2009. 9. 8 (3차)

✉ 심사판정일 : 2009. 9. 8

✉ 반론접수기한 : 2010. 2. 28

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필