creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



**저작자표시**. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



**비영리**. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



**변경금지**. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

**저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.**

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

물류학 석사학위 청구논문

# 공항연결성 분석을 통한
# 수도권 공항의 효율적 슬롯 조정 방안 연구

# A Study on the Efficient Slot Operation for Metropolitan Airports: Based on the Connectivity Analysis

2015년 2월


인하대학교 물류전문대학원

학술석사과정

문 자 영

물류학 석사학위 청구논문

# 공항연결성 분석을 통한
# 수도권 공항의 효율적 슬롯 조정 방안 연구

# A Study on the Efficient Slot Operation for Metropolitan Airports: Based on the Connectivity Analysis




2015년 2월

지도교수 박 용 화

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

# A Study on the Efficient Slot Operation for Metropolitan Airports: Based on the Connectivity Analysis

by

Ja Young Moon

A THESIS

Submitted to the faculty of

the Graduate School of Logistics of

the INHA University

in partial fulfillment of the requirements

for the degree of

Master of SCIENCE in LOGISTICS

Graduate School of Logistics, INHA University

February 2015

2015學年度 碩士學位 請求論文

# 공항연결성 분석을 통한 수도권 공항의 효율적 슬롯 조정 방안 연구

指導敎授 李 容 化

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

文 滋 英의 碩士學位 論文을 認准함

2015년 2월

主 審 金 泰 勝 印

副 審 朴 基 贊 印

副 審 朴 容 化 印

인하대학교 물류전문대학원

# 목 차

**표 목차** ····· i
**그림 목차** ····· ii
**국문 요약** ····· iii
Abstract ····· v

**제 1 장 서론** ····· 1
제 1 절 연구의 배경 및 목적 ····· 1
제 2 절 연구의 방법 및 구성 ····· 4

**제 2 장 문헌연구 및 현황분석** ····· 6
제 1 절 선행연구 분석 ····· 6
제 2 절 해외 복수공항 사례 분석 ····· 9
제 3 절 우리나라 수도권 복수공항의 슬롯 운영 현황 분석 ····· 13

**제 3 장 연구이론 및 모형** ····· 20
제 1 절 네트워크의 기본 개념 ····· 20
제 2 절 항공네트워크 연결성 ····· 22
제 3 절 연구모형 ····· 28

**제 4 장 실증분석** ····· 31
제 1 절 공항연결성 분석 방법 ····· 31
제 2 절 김포공항의 연결성 분석 ····· 34
제 3 절 인천공항의 연결성 분석 ····· 35
제 4 절 노선 배분에 따른 수도권 공항의 연결성 영향 분석 ····· 38

**제 5 장 결론** ····· 45
제 1 절 연구요약 및 시사점 ····· 45
제 2 절 연구의 한계점 및 향후 연구 방향 ····· 47

**참고문헌** ····· 48
**<부록> 영문 요약** ····· 51

# 표 목차


<표 1> 김포공항 국제선 전세편 운영 규정(2013. 5. 개정) ·····2
<표 2> 런던 복수공항 노선운항에 관한 금지사항 ·····9
<표 3> 해외 복수공항 도시권의 기능분담 규정 ·····12
<표 4> 수도권 접근관제공역 용량 ·····13
<표 5> 수도권 공항 처리용량 ·····13
<표 6> 인천공항 주간 슬롯 배정 현황 (월 ∽ 수) ·····14
<표 7> 인천공항 주간 슬롯 배정 현황 (목 ∽ 일) ·····15
<표 8> 김포공항 주간 슬롯 배정 현황 (월 ∽ 수) ·····16
<표 9> 김포 주간 Slot 배정 현황 (목 ∽ 일) ·····17
<표 10> Burghouwt의 공항에서 환승을 위한 최소 및 최대 연결시간 ·····25
<표 11> 연속연결성지수의 최소 연결시간 및 최대 연결시간 ·····27
<표 12> 수도권 공항 연결성 분석 단계 ·····31
<표 13> 비행거리 간 최소 연결시간 및 최대 연결시간 ·····32
<표 14> 김포공항의 시간 연결성지수와 공간 연결성지수 ·····34
<표 15> 인천국제공항의 비행시간에 따른 시간 연결성지수(TCI) ·····35
<표 16> 인천국제공항의 비행시간에 따른 공간 연결성지수(SCI) ·····37
<표 17> 수도권공항 연결성 영향 분석 대상 노선 ·····40
<표 18> 각 노선이 인천공항 연결성에 미치는 영향 ·····41
<표 19> 각 노선이 김포공항 연결성에 미치는 영향 ·····42
<표 20> 수도권공항 연결성지수 변화 ·····43
<표 21> 인천공항 노선의 김포공항 배분 시 공항 별 연결성 영향 분석 ·····44

# 그림 목차

[그림 1] 인천공항 연간 이용객 ·····1
[그림 2] 연구의 수행절차 ·····5
[그림 3] 인천공항 슬롯 배정 현황 ·····18
[그림 4] 김포공항 슬롯 배정 현황 ·····19
[그림 5] 공항에서의 출발-도착 항공편 연결 웨이브 구조 ·····26
[그림 6] 시간 연결성지수(TCI) ·····28
[그림 7] 연결노선의 우회정도와 SCI ·····30
[그림 8] Excel을 통한 시간 연결성지수 분석 예시 ·····32
[그림 9] Excel을 통한 시간 연결성지수 분석 예시 ·····33

# 국 문 요 약

국내에서 국제여객 및 화물 운송을 사실상 독점하고 있는 인천공항은 현재 지속적인 여객의 증가로 2013년 연간 이용객이 최대 여객수용능력인 4,400만 명에 육박하였다. 2014년 1월부터 10월까지의 인천공항 여객수는 37,894,518명으로 2013년 동기 대비 9%(3,141,901명) 증가하였다. 인천공항 제3단계 건설 사업이 완료되기 전까지는 현재와 같은 시설포화 상태가 계속될 것으로 예상되면서 국제선 수요 분산에 대한 필요성이 높아지고 있다. 반면, 인천공항 개항 이후 김포공항은 국제선 기능의 이관으로 대규모 시설 유휴화가 발생하였다. 김포공항은 현재 국내선 청사 리모델링, 국제선 청사 시설의 공항기능 환원 등을 통하여 공항의 기본 기능을 확대해나가고 있다. 세계 항공운송환경은 항공자유화의 확대, 저비용항공사 시장의 급성장, 중국 항공 산업의 발전 등의 변화에 따라 전 세계 허브공항 정책이 변화하고 있는 추세이다.

본 연구는 대·내외적인 환경 변화를 반영하여 수도권 복수공항의 효율적인 운영방안으로서 공항 연결성 분석을 통한 슬롯 조정을 제안하고자 한다. 공항 네트워크를 측정하는 도구인 연속연결성모형의 시간 연결성지수와 공간 연결성지수를 활용하여 2013년 9월 23일부터 30일까지 일주일간 인천공항과 김포공항의 연결성을 분석하였다. 이후 인천공항의 국제선 노선 중 20개의 분석 대상 노선을 선정하여 각 노선을 김포공항으로 배분하였을 경우 양 공항에 미치는 연결성 영향을 분석하였다. 분석 결과 인천공항 시간 연결성지수에 미치는 영향은 0.04%~0.3%, 공간 연결성지수에 미치는 영향은 0.7%~1.8%로 매우 미미한 수준이었으며, 김포공항의 시간 연결성지수와 공간 연결성지수는 각각 평균 6%, 20% 향상되었다.

향후 본 연구를 활용한다면 공항의 연결성 측면에서 인천공항의 허브화에 미치는 영향은 적으며 김포공항의 국제선 여객 수요를 증대시킬 수 있는 전략 노선을 선택할 수 있다. 그에 따라 인천공항의 피크 시간대 부담을 완화함으로써 수도권 공역의 효율적 활용이 가능하고, 추가적인 국제선 수요 창출 등 수도권 양 공항에 모두 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대된다.

*주제어:* 시간 연결성지수, 공간 연결성지수, 복수공항의 슬롯 조정

# Abstract

Incheon airport has virtual monopoly on international passenger and cargo transportation on Korea. The number of passengers who use Incheon airport is constantly increasing, and annual users were near 44 millions, its maximum user capacity last year, 2013. The number of passengers from January to October this year amounts to 37,894,518, an increase of 9%. This current situation of airport facility saturation is expected to last through the completion of Incheon Airport The 3rd Phase Construction. As a result, people are growing more and more interested in demand decentralization of international flight. Gimpo airport on the other hand has problem about idleness of facilities because its international flights were transferred to incheon airport after its opening on 2001. Gimpo airport now expand its principal features as an airport by remodeling of domestic terminal and utilization of international terminal. As global air transportation environment is changing to the spread of the open=sky policy, rapid growth of low cost carrier, and development of China aviation industry, the policy of hup airport around the world has been changed.

This study attempts to propose slot operation as the efficient management of metropolitan airports by using airport connectivity analysis to reflect the interior and exterior environment changes. Firstly, we analyzed the connectivity of Incheon and Gimpo airports for a week from September 23, 2013 to September 30, 2013 using Continuous Indirect Connectivity Index(CICI), an instrument for measuring the airport network. Secondly, we selected 20 analysis target routes among all international routes of Incheon airport, and finally analyzed how each route impacts with the both airports' connectivity index when that route was distributed to Gimpo airport. As a result, the impact on Incheon airport temporal connectivity index was 0.04~0.3%, and on spatial connectivity index was 0.7%~1.8%. Gimpo airport connectivity was improved average 6% on temporal connectivity index and 20% on spatial

connectivity index while the effect on Incheon airport connectivity was insignificant

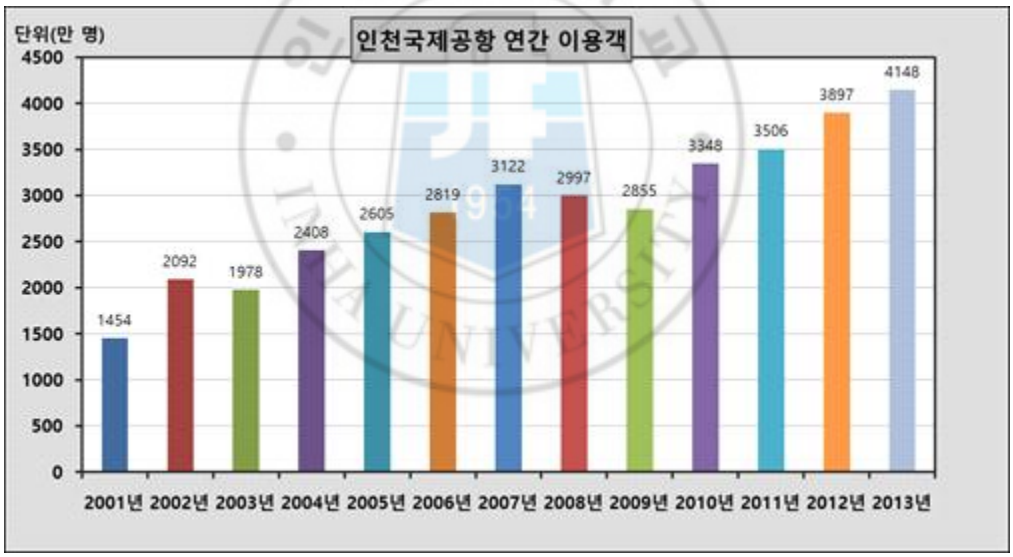
When used for this study over the next, people can choose strategic routes in airport connectivity aspects that influence low impact on Incheon airport Hub system and also increase the demand of Gimpo airport international flight. As a result, the burden of Incheon airport peak-hour can be eased off, and also we can utilize metropolitan airspace more efficient.

*Key words:* Temporal Connectivity Index, Spatial Connectivity Index, Slot operation on multi-airport systems

# 제 1 장 서론

## 제 1 절 연구의 배경 및 목적

국내에서 국제여객 및 화물 운송을 사실상 독점하고 있는 인천공항의 하늘길(공역) 처리 용량이 2015년 포화상태에 이를 것으로 보고되고 있다. 현재 인천공항은 여객 증가가 지속되어 2013년 연간 이용객 4,148만 명을 기록하며 최대 여객수용 능력인 4,400만 명에 육박하는 등 시설포화 상태에 직면했다. 2014년 1월부터 10월까지의 인천공항 여객수는 37,894,518명으로 2013년 동기 대비 9%(3,141,901명) 증가하였다. 지속적인 여객 수요의 증가로 인해 인천공항 제3단계 건설 사업이 완료되는 2017년 전까지는 혼잡 심화가 계속될 것으로 예상되면서 인천공항의 국제선 수요의 분산에 대한 필요성이 높아지고 있다.




[그림 1] 인천공항 연간 이용객

1958년 국제공항으로 지정된 김포공항은 2001년 인천공항의 개항 이전까지 수도권 중심공항 및 관문공항으로서의 역할을 수행하였다. 하지만 인천공항 기본설계 단계에서 국제선을 김포공항('05년, 25%)과 인천공항('05년, 75%)이 분담 처리하기로 계획하였고, 이후 국제선 이원화에 대하여 허브화 약화, 이용객의 혼란 초래 및 운영 기관의 비용 손실 등 인천공항의 끊임없는 문제 제기로 인

하여 인천공항은 국제선을 전담하고, 김포공항은 국내선만을 운영하도록 역할을 분담하였다. 이후 2003년부터 한·중·일 간 비즈니스 여행객들의 편의를 향상시키기 위해 김포공항에서의 국제선 운항이 제한적으로 허용되었다. 현재 김포공항의 국제선 운항은 「김포국제공항의 국제선 전세편 운영규정」에 따르고 있으며, 상대국의 노선 개설 대상 공항 요건을 김포공항 반경 2,000km 이내로 제한시키고 있다. 현재 김포공항에서는 2003년 김포~하네다 노선 재취항을 시작으로 홍차오('07), 간사이('08), 나고야('10), 베이징('11), 송산('12) 등 2,000km 반경 내 운항 가능한 49개 노선 중 총 6개의 국제노선만을 제한적으로 운항하고 있다.

<표 1> 김포공항 국제선 전세편 운영 규정(2013. 5. 개정)

| 국제선 전세편 운영 원칙 | 상대국 대상 공항의 요건 | 인천국제공항과의 관계 |
|---|---|---|
| - 정기성 전세편 위주<br>- 자가이용전세편 및 특별행사전세편 허용<br>- 포괄여행전세편, 대중모객전세편 불허<br>- 소형 항공 운송사업자에 의한 포괄 여행 전세편은 허용 | 1. 김포공항으로부터 반경 2,000km 이내 위치한 외국 공항일 것<br>2. 상대국과 항공협정 등을 통하여 김포공항과 국제선 노선 개설이 합의된 외국 공항일 것<br>3. 우리나라와 사증면제협정, 자유무역협정, 또는 사전입국심사제도를 체결하였거나 이를 협의 중인 국가에 위치한 공항일 것 | ① 인천공항 허브화 정책에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 김포공항의 국제선은 기업 활동 지원 등 상용 직항노선을 중심으로 운영되어야 한다.<br>② 국토교통부장관은 김포공항의 국제선 운항에 따른 인천공항에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 김포공항의 국제선 운항횟수를 설정·운영할 수 있다. |

여객뿐만 아니라 인천공항의 대규모 물류단지 조성으로 인해 국제선의 화물 수요 처리 또한 인천공항으로 그 역할이 이전되었다. 2013년 기준 국내선은 김포공항이 94,564톤, 인천공항이 255톤을 처리하였으며, 국제선은 김포공항이 31,839톤, 인천공항이 2,464,131톤을 처리하였다. 이와 같은 국제선 기능의 이관에 따라 김포공항의 국제선 기능 약화와 함께 대규모 시설 유휴화가 발생하였다. 현재 김포공항의 유휴시설 대부분은 상업시설로 활용 중이며, 상업시설 계

약 만료 기간이 임박한 상태다. 컨벤션은 2013년 10월, 복합상영관은 2014년 10월 만료되었고, 아울렛은 2015년 1월 계약이 만료된다.

항공운송시장은 항공자유화의 확대와 저비용항공사 시장의 급성장 등 항공운송환경의 글로벌 트렌드에 변화가 발생하고 있고, 세계적으로 복수공항 중 제2공항의 역할이 증대되고 있는 상황이다. 최근 김포공항의 국제선 수요 증가와 한·중·일 및 ASEAN 국가와의 항공시장 자유화가 논의됨에 따라 김포공항의 국제선 노선 유치 및 증편에 대한 논의가 중요하게 떠오르고 있다. 김포공항은 서울 도심과의 접근성 및 지방공항과의 연결망이 뛰어나며, 최근 국내선 청사 리모델링, 국제선 청사 시설의 공항기능 환원 등을 통하여 공항의 기본 기능을 확대해나가고 있다.

이와 같은 인천공항과 김포공항의 현 상황을 반영하여 수도권에 운영 중인 복수공항을 보다 효율적으로 운영할 경우, 항공운송시장 확대에 긍정적인 기여를 할 것으로 예상된다. 특히 ASEAN 항공자유화 및 한중일 경제 협력 등의 효과로 인한 항공수요 증가와 항공운송시장 활성화 효과를 기대할 수 있다.

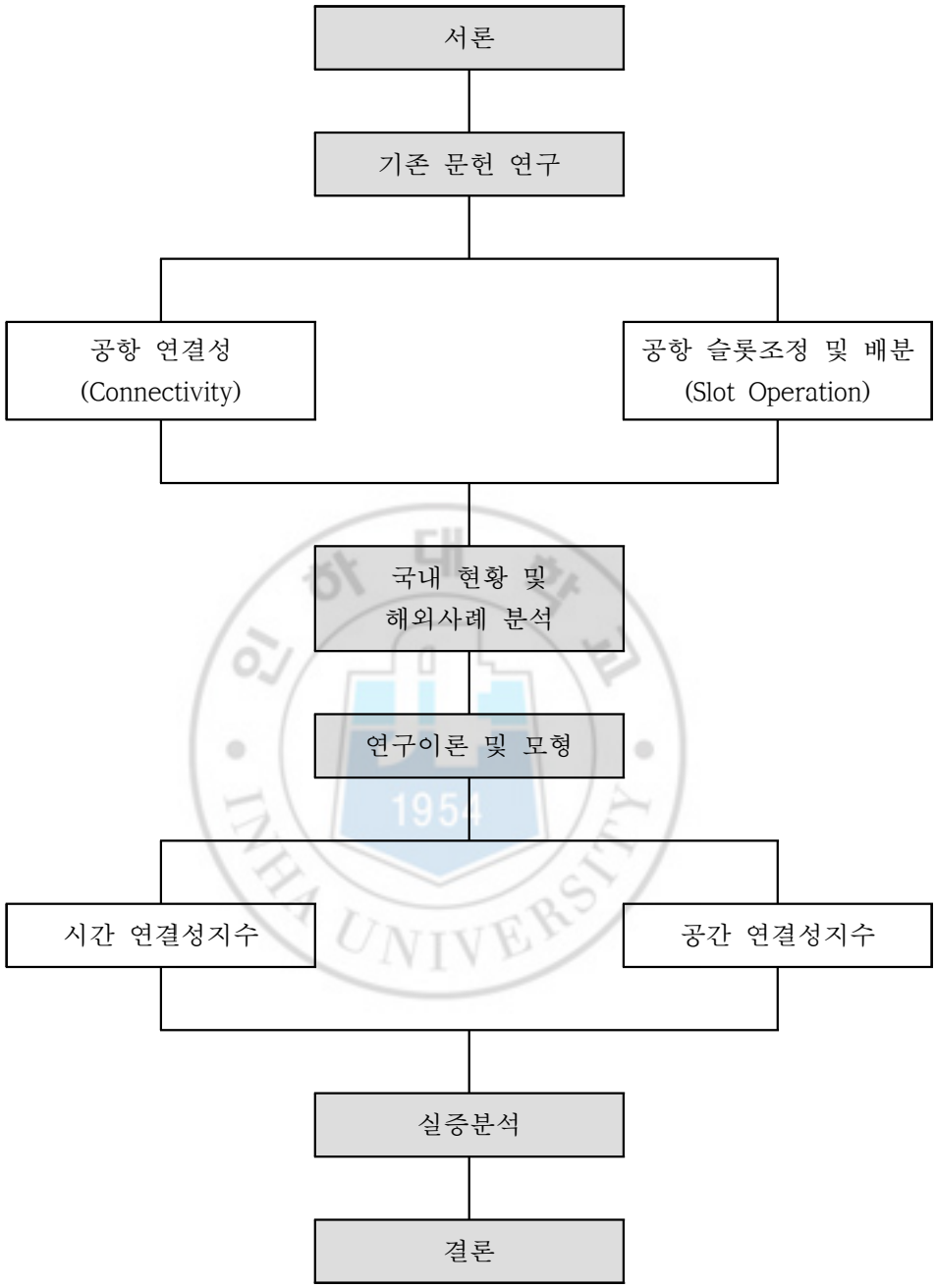
본 연구의 목적은 최근 이러한 항공운송환경의 대·내외적인 변화에 따라 수도권 복수공항의 효과적인 활용을 위하여 연결성 모형을 통한 두 공항의 효율적인 슬롯 조정 방안을 제시하는 것이다.

## 제 2 절 연구의 방법 및 구성

본 연구는 총 5장으로 구성되어있으며, 세부내용은 다음과 같다.

제1장에서는 연구의 배경과 목적, 연구의 방법 및 구성을 제시한다. 제2장에서는 항공 네트워크 및 공항 연결성과 공항의 슬롯 조정에 관한 선행연구와 복수공항을 운영 중인 해외 사례를 분석하였다. 또한 현재 우리나라 수도권 복수공항의 슬롯 운영 현황을 정리하였다. 제3장에서는 공항 슬롯 조정을 위한 연결성 이론과 분석에 사용된 시간 연결성지수, 공간 연결성지수 모형을 설명하였다. 제4장은 실증분석 부문으로써 실제 공항스케줄 데이터를 바탕으로 시간 연결성지수 모형과 공간 연결성지수 모형을 통하여 수도권 복수공항의 공항 연결성을 분석하였다. 또한 인천공항 허브화에 영향을 미칠 것으로 예상되는 노선을 선정하여 각 노선에 대한 인천공항과 김포공항의 연결성 영향을 분석하였다. 분석 결과를 마지막으로 결론에서는 연구결과의 요약과 연구의 한계점 및 향후 연구 과제를 제시하였다.

다음은 본 연구의 수행절차를 도식화 한 것이다.


서론
기존 문헌 연구
공항 연결성
(Connectivity)
공항 슬롯조정 및 배분
(Slot Operation)
국내 현황 및
해외사례 분석
연구이론 및 모형
시간 연결성지수
공간 연결성지수
실증분석
결론

[그림 2] 연구의 수행절차

# 제 2 장 문헌연구 및 현황분석

## 제 1 절 선행연구 분석

### 1. 공항 연결성에 관한 연구

공항 연결성은 공항의 허브화와 크게 연관이 있다. 본 연구에서는 공항의 연결성 개념을 바탕으로 수도권 복수공항을 분석하고자 한다.

Doganis와 Dennis(1989)은 항공사의 허브 운영을 시간적 스케줄 조정 측면에서 평가하기 위하여 연결성 비(CR: Connectivity Ratio) 개념을 제시하였다. 연결성 비는 도착 항공편 시간에서 최소연결시간(MCT: Minimum Connect Time)보다 작은 시간대에서 출발하는 항공편수의 연결성을 항공사 운영시간 동안 랜덤 또는 균일하게 출·도착하는 경우에 예상되는 연결성지수로 나눈 값으로 정의된다. 또한 Doganis는 MCT를 45분, MACT를 90분으로 제한하였다.

Burghouwt(2005)는 항공사 허브 연결성의 질적인 측면을 측정하기 위하여 가중우회연결성지수(WICN: Weighted Indirect Connection Number) 개념을 제시하였다. 공항의 도착-출발 항공편의 구조는 공항을 이용하는 승객들의 여행패턴을 결정하는데 매우 중요한 요소가 된다. Burghouwt는 항공사 운항편 스케줄의 우회 연결성을 평가하기 위해 연결성의 질적인 측면이라고 할 수 있는 '공항에서의 환승시간'과 '우회 항공편의 비행시간'을 결정하도록 하였다. 최대 허용 가능한 연결시간에 대하여는 대륙 간으로 구분하여 대륙 내 운항편의 연결에 대해서는 MACT를 180분, 대륙 내 항공편과 대륙 간 항공편 간의 연결에 대해서는 MACT를 300분, 그리고 두 대륙 간 항공편 간의 연결에는 MACT를 720분으로 설정하였다.

Danesi(2006)는 Doganis와 Dennis의 방법과 Burghouwt의 개념을 발전시켰다. 항공사의 허브화 정도를 측정하는 데 있어서 연결성의 실현 가능성과 더불어 그 질적이니 측면을 보다 깊이 고찰하였다. 그는 연결성의 시간적 측면과 공간적 측면을 고려하였는데, 시간적 측면에서는 "시간 연결성 행렬(TCM: Temporal Connectivity Matrix)"과 공간적 측면에서는 "공간 연결성 행렬(SCM:

Sparial Connectivity Matrix)”로 정의하였다. “가중 연결성(WC: Weighted Connection)”은 TCM과 SCM의 곱으로 산정하였다. 그리고 TCM의 질적인 측면을 측정하기 위해서 MCT보다 크고 MACT보다 작은 “중간 연결시간(ICT: Intermediate Connect Time)”의 개념을 도입하였다. 도착 항공편 기준으로 출발 항공편 시간이 MCT와 ICT 사이에 있는 경우 승객들이 환승하기에 가장 적합한 시간이 되기 때문에 TCM이 1인 것으로 설정하였으며, ICT와 MACT 사이에 있는 경우에는 승객이 환승을 위해 대기하는 시간이 늘어나기 때문에 그 선호도가 감소하는 것으로 보아 TCM을 0.5로 계산하였다. SCM을 평가하기 위해서는 “경로지수(DRI: De-Routing Index)”를 도입하였는데, 환승 경로의 대권거리를 직항 경로 대권거리로 나눈 것을 의미한다. DRI가 1과 1.2 사이인 경우에 SCM은 1이고, 1.2와 1.5 사이인 경우에는 0.5로 설정하였다.

이상용(2009)은 Danesi를 비롯한 앞선 연구들을 발전시켜 연결성 비와 가중우회연결성지수를 보완한 연속연결성지수라는 개념을 제시하였다. 주로 대륙 내 또는 대륙 간 항공편의 연결 여부에 따라 MCT 및 MACT를 정의해 왔던 것과 달리 그는 MCT와 MACT를 항공기 운항시간에 따라 다르게 적용할 것을 제안했다. 즉, 항공기 운항시간 8시간을 기준으로 8시간 이내 항공편 간 연결일 경우 MCT 45분, MACT 180분, 운항시간이 8시간 이내인 항공평과 8시간 초과인 항공편 간 연결인 경우 MCT 60분, MACT 840분, 그리고 운항시간이 8시간을 초과하는 항공편 간 연결인 경우 MCT 60분, MACT는 840분으로 하였다.

본 연구에서는 이상용(2009)의 연속연결성지수 중 시간 연결성지수(TCI: Temporal Connectivity Index)와 공간 연결성지수(SCI: Spatial Connectivity Index)를 이용하여 인천공항과 김포공항의 연결성을 분석하였다. MCT와 MACT는 항공기 운항시간 8시간을 기준으로 구분하였으며, 항공기 운항시간 8시간 이내의 연결편은 MCT 45분, MACT 180분으로, 운항시간 8시간 또는 그 이상의 연결편은 MCT 60분, MACT 720분으로 값을 조정하였다.

## 2. 공항 슬롯 조정 및 배분에 관한 연구

허종과 하헌구(1998)는 항공시장의 효율성을 확보하기 위해서는 시장지향적인 슬롯배분시스템이 필수적인 것이라고 역설하며 우리나라 상황에 알맞은 슬

롯배분 및 재분배시스템에 대한 보다 싶은 연구와 논의를 요구했다.

Zografos 외 2인(2012)은 기존의 배분 제도에 따른 공항 슬롯 비효율성과 오용으로 인해 공항 수용량과 운송량의 갭이 확대되고 있음을 지적하며, 슬롯 조정에 대한 최적화 모형을 제시하여 그리스의 세 공항의 슬롯 조정을 평가하고 비교하였다. 14%에서 최대 95%까지 슬롯 조정 효과를 얻을 수 있음을 밝혔다.

Adler 외 3인(2014)은 동북아 운송 시장 케이스를 통해 항공 자유화와 오픈 스카이 정책, 그리고 공항 슬롯 배분이 항공 시장에 미치는 영향에 대해 분석했다. 항공 자유화와 오픈 스카이 정책은 경쟁을 증가시키고 운임을 낮추는 결과를 가져오는 등 소비자와 항공 산업 모두에 긍정적인 영향을 미치며, 공항 슬롯 조정은 자유화와 관련된 잠재적 복지 이득을 실현하는데 중요한 역할을 한다는 결과를 통해 자유화와 공항 슬롯 조정을 함께 시행해야 함을 강조했다.

현재 국내 복수공항을 대상으로 슬롯 조정 또는 노선 배분에 관해 구체적으로 발표된 연구는 없는 것으로 보인다. 본 연구는 공항 연결성 분석을 통하여 국내 수도권 공항의 효율적인 운영을 위한 슬롯 조정 방안을 제안한다는 점에서 의미가 있다.

## 제 2 절 해외 복수공항 사례 분석[1)]

### 1. 런던

런던에서는 1977년 히드로(Heathrow)공항과 개트윅(Gatwick)공항의 노선운항을 제한하는 규정이 마련되었다. 히드로공항의 노선운항에 관한 '금지사항'으로 두 공항에 대해 다음의 내용이 적용되었다.

<표 2> 런던 복수공항 노선운항에 관한 금지사항

| 공항 | 히드로공항 | 개트윅공항 |
|---|---|---|
| 내용 | - 규정 제정 시(1977년) 국제선 정기편을 운항하고 있지 않은 항공사의 신규 국제선 진출<br>- 모든 전세편의 진출<br>- 국내선의 신규개설(단, 그 노선개설에 따른 이용자의 편익이 충분히 많다는 점을 이유로 국무장관이 특별히 인가한 경우는 제외)<br>- 혼잡시간대에 화물 전용편과 GA의 운항(단, 공항관리자가 특별히 인가한 경우는 제외) | - 혼잡시간대에 화물 전용편과 GA의 운항(단, 공항관리자가 특별히 인가한 경우는 제외) |

규정 제정의 목적은 현재 인천·김포공항의 경우와는 달리 런던의 복수공항의 효율적인 자원분배, 즉 히드로공항의 혼잡 완화와 개트윅공항과 스탠스테드(Stansted)공항[2)]의 노선 네트워크를 확대하는 것이었다.

### 2. 파리

샤를드골(CDG)공항이 1974년에 개항한 당시, CDG공항은 주로 중장거리 국제선을 담당하고, 오를리(Orly)공항은 국내선과 근거리 국제선을 담당하였다. 80년

1) 한국교통연구원, 『항공부문 중장기 발전 전략 수립 연구』 (2006) 참고.
2) 스탠스테드 공항(STN)은 런던에서 세 번째로 큰 공항으로 저가 항공사들만 취항하고 있음

대 중반부터 파리 도심권의 항공 여객수요가 급증하고, 특히 오를리공항의 혼잡이 더해져 신규 노선에 대해 프랑스 정부는 활주로와 터미널의 확장 계획이 있는 CDG공항 이용을 장려하였다. 정부의 공항정책으로서 CDG공항은 유럽의 게이트웨이 및 환승 여객을 위한 공항, 오를리공항은 국내선의 게이트웨이 공항으로 자리매김하였다.

1994년 개정된 프랑스 복수공항의 운항규정에는 EU 역내 노선은 CDG공항 및 오를리공항에서 운항하고, 좌석 수 25석 이하의 기재를 사용한 비정기 노선은 Le Bourget공항에서 운항하도록 하는 내용이 포함되었다. 인근 주민으로부터의 잦은 소음민원도 규정이 제정된 요인 중 하나이며, 1994년 이후 오를리공항의 연간 최대 이착륙 횟수는 25만 회까지 제한되고 있다. CDG공항에서 국내선은 에어프랑스가 독점 운항하고 있어 국내선이 피더(Feeder) 노선으로서의 역할을 크게 담당하고 있으며, CDG공항의 게이트웨이의 강화뿐만 아니라 에어프랑스의 수송력 강화에도 한몫하고 있다.

### 3. 뉴욕

1948년 JFK공항 개항과 동시에 뉴욕&뉴저지 항만국(이하 NYNJ 항만국)은 캐나다와 멕시코를 포함한 모든 국제선의 운항을 라구아디아(La Guardia)공항에서 JFK공항 혹은 뉴어크(Newark)공항으로 이전시키고, 라구아디아공항을 중심으로 비즈니스 수요에 대응한 단・중거리 노선용 공항으로 정착시켰다. 주된 이유는 라구아디아공항은 면적이 좁고 국제선 운항에 필요한 출입국 심사와 세관 공간을 충분히 확보하기 어려운 점, 노선이 장거리가 됨에 따라 여객의 수하물이 커지지만 이를 처리할 공간이 부족한 점 등이었다.

1959년 이후 NYNJ 항만국은 항공사와 협정을 맺음으로써 라구아디아공항을 이착륙하는 직항편을 비행거리와 목적지별로 제한하였다. 또한 NYNJ 항만국은 운항제한 기준을 명확히 하기 위해 1,500mile(약 2,400km)을 제한거리로 두는 페리미터규정(제한거리 이내의 노선을 직항편으로 운항할 수 있는 규정)을 1984년부터 적용하였다.

라구아디아공항은 페리미터 규정의 영향으로 국내선 위주로 운영되고 있고, JFK의 경우 북미 동해안의 국제 게이트웨이 기능을 담당하고 있어 국제선 여객

비율이 다른 공항에 비해 높다. 또안 뉴어크공항은 기능이 특별히 규정되어 있지 않아 뉴욕 도시권의 항공수요를 골고루 분담하고 있는 것을 알 수 있다.

## 4. 동경

하네다공항은 1931년 개항 이래 수도권 수요를 주로 처리하였으나, 1971년 공항의 용량 한계에 거의 도달하면서 1978년 나리타공항이 기존 하네다공항의 용량 한계를 해소하기 위해 개항하였다. 나리타공항이 개항하면서 일본 항공정책 당국은 하네다공항과 나리타공항의 운영을 정책적으로 조정하였다. 나리타공항은 국제선 전용공항으로 운영하고 국제선 연계를 위한 일부 국내선을 운영하도록, 하네다공항은 국내선 전용공항으로 운영하고 국제선은 특정 노선(당시 대만)만 허용하도록 규정하였다.

하네다공항은 활주로 3본으로 국내선 수요를 처리하였으나 활주로 용량의 한계에 도달하여 최근 제4활주로 건설을 완료('10.10월 운영 개시)하였고, 활주로 이착륙 용량을 285천 회에서 407천 회로 증가시켰다. 증가된 활주로 용량은 국내선 수요에 필요한 이착륙 소요량보다 많기 때문에 증가된 용량 중 일부(약 3만 회)를 이용하여 국제선 취항을 추진하였다. 하네다공항에서 추가 운영이 가능한 국제선 운항횟수가 약 3만 회로 예상되기 때문에 하네다공항 취항을 원하는 모든 국제선 노선을 허용하지는 못한다. 따라서 발착회수 제약, 노선 거리 제약 등 국제선 관련 제약을 고려중이며 공평하고 객관적인 기준을 마련하고 있다.

## 5. 시사점

세계 대도시의 복수 공항 문제는 미국·유럽 뿐 아니라 아시아의 일본 등 전 세계 여러 도시에서 나타나는 일반적인 상황이다. 대도시에서 발생하는 항공교통 수요를 하나의 공항에서 처리하는데 한계가 있기 때문에 2~3개의 공항이 분할 처리하는 형태가 많이 존재한다.

복수공항을 운영 중인 세계의 대도시권에서 각 공항에 부여한 역할과 원칙 및 방법은 각 지역에 따라 조금씩 다르지만, 그 목적은 도심 인근 공항의 소음

문제 해결 및 기존 공항의 용량 한계 해소로 혼잡 완화, 대규모 공항의 허브 기능 강화로 볼 수 있다. 상대적으로 소규모 혹은 도심과 가까운 공항에서 대규모 혹은 도심에서 떨어진 공항으로 특정노선(주로 국제선)을 이전시키는 것이 각 도시권에서 공통된 기능 분담 규정의 형태이다.

해외사례를 정리하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 해외 복수공항 도시권의 기능분담 규정

| 도시권 | 공항 | 도심과의 거리 | 규정 및 방법 | 이유 |
|---|---|---|---|---|
| 런던 | Heathrow | 24km | 노선 제한 | 혼잡 완화, 용량 한계 |
| | Gatwick | 43km | 노선 제한 | 노선 네트워크 확대 |
| | Stansted | 51km | - | 노선 네트워크 확대 |
| 파리 | Orly | 14km | 편수 제한 | 용량 한계 |
| | C.D.G | 25km | - | 허브 기능 강화 |
| 뉴욕 | La Guardia | 15km | 거리 제한 | 용량 한계 |
| | J.F.K | 24km | - | - |
| | Newark | 25km | - | - |
| 동경 | 하네다 | 20km | 국내선 위주 운영 | 용량 한계 |
| | 나리타 | 66km | 국제선 위주 운영 | 허브 기능 강화 |

해외 주요 대도시의 복수공항 사례 분석을 참고하여 본 연구에서는 김포공항이 근거리 국제선 비즈니스 수요 처리 공항 역할을 하고 인천공항은 처리용량 부담을 완화하고 허브공항 기능을 유지할 수 있도록 하는 두 공항의 효율적인 슬롯 조정 방안을 제시하고자 한다.

## 제 3 절 우리나라 수도권 복수공항의 슬롯 운영 현황 분석

### 1. 수도권 공역 활용 현황

인천공항과 김포공항은 현재 동일공역을 사용하고 있다. 서울의 접근관제공역은 청와대 인근 항로(P73) 및 휴전선 인근 북측 항로(P518), 군 훈련공역 등 비행금지공역에 둘러싸여 공역이 한정적이다. 서울의 접근관제공역은 인천공항, 김포공항, 성남기지가 함께 동일 공역을 사용하고 있어 성남기지의 용량(30대)을 제외하면 민간용으로 처리 가능한 공역 용량은 시간당 119대이다.

<표 4> 수도권 접근관제공역 용량

| 공항 | 인천 | 김포 | 성남공군기지 | 합계 |
|---|---|---|---|---|
| 처리용량(대) | 67 | 52 | 30 | 149 |

자료: 스케줄협의회 (2014)

민간용 최대 처리용량(119대)에서 소형 항공기, 시계비행 항공기 고려 등의 감소요인으로 인한 15대를 제외하면 실제 서울의 접근관제공역에서 민간용으로 처리 가능한 용량은 104대이다. 서울 접근 공역의 대부분이 군사목적으로 설정된 공역으로, 운영 가능한 공역과 항공로는 매우 협소하고 제한적이며, 일부 시간대에서는 항공기 운항이 집중되면서 공역 부족 현상이 지속되고 있다. 한국 슬롯업무의 최고 의결기관인 스케줄협의회에 의해 조정된 인천공항과 김포공항의 최대 처리용량은 시간당 63회와 41회이다.

<표 5> 수도권 공항 처리용량

| 구분 | 인천공항 | 김포공항 |
|---|---|---|
| 슬롯 조정 기준 | 63회/시 | 41회/시 |
| 최대 슬롯 점유시간 | 08:00~08:59<br>주 평균 58회 | 18:00~18:59<br>주 평균 31회 |

자료: 스케줄협의회 (2014)

주: `13.09.02.~`13.09.08. 기간 내 결과임

## 2. 인천공항과 김포공항의 슬롯 운영 현황

<표 6> 인천공항 주간 슬롯 배정 현황 (월 ~ 수)

| Time | 2013-09-02(월) | | | 2013-09-03(화) | | | 2013-09-04(수) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 4 | 3 | 7 | 3 | 4 | 7 | 4 | 3 | 7 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 4 | 4 | 1 | 5 | 6 | 0 | 4 | 4 |
| 02:00 ~ 02:59 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 03:00 ~ 03:59 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 |
| 04:00 ~ 04:59 | 12 | 2 | 14 | 12 | 2 | 14 | 12 | 3 | 15 |
| 05:00 ~ 05:59 | 21 | 1 | 22 | 21 | 1 | 22 | 20 | 0 | 20 |
| 06:00 ~ 06:59 | 21 | 2 | 23 | 24 | 4 | 28 | 27 | 3 | 30 |
| 07:00 ~ 07:59 | 19 | 8 | 27 | 20 | 10 | 30 | 23 | 11 | 34 |
| 08:00 ~ 08:59 | 21 | 36 | 57 | 23 | 36 | 59 | 19 | 39 | 58 |
| 09:00 ~ 09:59 | 12 | 32 | 44 | 6 | 30 | 36 | 6 | 31 | 37 |
| 10:00 ~ 10:59 | 13 | 31 | 44 | 10 | 30 | 40 | 12 | 30 | 42 |
| 11:00 ~ 11:59 | 26 | 14 | 40 | 30 | 15 | 45 | 27 | 15 | 42 |
| 12:00 ~ 12:59 | 22 | 23 | 45 | 16 | 26 | 42 | 21 | 26 | 47 |
| 13:00 ~ 13:59 | 16 | 20 | 36 | 13 | 21 | 34 | 18 | 25 | 43 |
| 14:00 ~ 14:59 | 20 | 20 | 40 | 21 | 21 | 42 | 23 | 19 | 42 |
| 15:00 ~ 15:59 | 21 | 14 | 35 | 23 | 13 | 36 | 24 | 13 | 37 |
| 16:00 ~ 16:59 | 33 | 14 | 47 | 32 | 16 | 48 | 26 | 18 | 44 |
| 17:00 ~ 17:59 | 33 | 16 | 49 | 35 | 17 | 52 | 35 | 17 | 52 |
| 18:00 ~ 18:59 | 23 | 30 | 53 | 23 | 24 | 47 | 25 | 28 | 53 |
| 19:00 ~ 19:59 | 15 | 31 | 46 | 15 | 32 | 47 | 15 | 32 | 47 |
| 20:00 ~ 20:59 | 23 | 31 | 54 | 19 | 27 | 46 | 27 | 27 | 54 |
| 21:00 ~ 21:59 | 7 | 18 | 25 | 7 | 14 | 21 | 10 | 22 | 32 |
| 22:00 ~ 22:59 | 7 | 10 | 17 | 7 | 12 | 19 | 7 | 13 | 20 |
| 23:00 ~ 23:59 | 2 | 11 | 13 | 2 | 11 | 13 | 2 | 15 | 17 |
| 합 계 | 374 | 372 | 746 | 367 | 372 | 739 | 386 | 395 | 781 |

<표 7> 인천공항 주간 슬롯 배정 현황 (목 ~ 일)

| Time | 2013-09-05(목) | | | 2013-09-06(금) | | | 2013-09-07(토) | | | 2013-09-08(일) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 3 | 2 | 5 | 3 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 | 2 | 3 | 5 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 3 | 3 | 0 | 5 | 5 | 3 | 4 | 7 | 1 | 4 | 5 |
| 02:00 ~ 02:59 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| 03:00 ~ 03:59 | 3 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 |
| 04:00 ~ 04:59 | 13 | 2 | 15 | 14 | 3 | 17 | 13 | 2 | 15 | 14 | 0 | 14 |
| 05:00 ~ 05:59 | 22 | 0 | 22 | 24 | 0 | 24 | 19 | 1 | 20 | 25 | 0 | 25 |
| 06:00 ~ 06:59 | 24 | 3 | 27 | 27 | 3 | 30 | 27 | 2 | 29 | 27 | 4 | 31 |
| 07:00 ~ 07:59 | 23 | 10 | 33 | 22 | 11 | 33 | 24 | 13 | 37 | 22 | 10 | 32 |
| 08:00 ~ 08:59 | 23 | 39 | 62 | 21 | 37 | 58 | 20 | 37 | 57 | 19 | 39 | 58 |
| 09:00 ~ 09:59 | 11 | 34 | 45 | 11 | 35 | 46 | 7 | 31 | 38 | 14 | 38 | 52 |
| 10:00 ~ 10:59 | 11 | 31 | 42 | 11 | 32 | 43 | 12 | 33 | 45 | 9 | 31 | 40 |
| 11:00 ~ 11:59 | 28 | 15 | 43 | 30 | 18 | 48 | 32 | 17 | 49 | 29 | 15 | 44 |
| 12:00 ~ 12:59 | 19 | 23 | 42 | 23 | 23 | 46 | 21 | 24 | 45 | 17 | 27 | 44 |
| 13:00 ~ 13:59 | 15 | 22 | 37 | 19 | 24 | 43 | 15 | 23 | 38 | 21 | 22 | 43 |
| 14:00 ~ 14:59 | 26 | 22 | 48 | 20 | 22 | 42 | 22 | 20 | 42 | 23 | 20 | 43 |
| 15:00 ~ 15:59 | 21 | 13 | 34 | 25 | 13 | 38 | 20 | 11 | 31 | 28 | 18 | 46 |
| 16:00 ~ 16:59 | 31 | 14 | 45 | 29 | 18 | 47 | 29 | 18 | 47 | 33 | 22 | 55 |
| 17:00 ~ 17:59 | 35 | 18 | 53 | 34 | 17 | 51 | 37 | 14 | 51 | 34 | 18 | 52 |
| 18:00 ~ 18:59 | 21 | 26 | 47 | 28 | 28 | 56 | 25 | 27 | 52 | 27 | 29 | 56 |
| 19:00 ~ 19:59 | 18 | 33 | 51 | 13 | 32 | 45 | 17 | 35 | 52 | 15 | 34 | 49 |
| 20:00 ~ 20:59 | 24 | 29 | 53 | 22 | 29 | 51 | 17 | 31 | 48 | 27 | 27 | 54 |
| 21:00 ~ 21:59 | 9 | 17 | 26 | 8 | 17 | 25 | 9 | 14 | 23 | 9 | 13 | 22 |
| 22:00 ~ 22:59 | 9 | 15 | 24 | 8 | 9 | 17 | 10 | 12 | 22 | 10 | 6 | 16 |
| 23:00 ~ 23:59 | 1 | 13 | 14 | 0 | 16 | 16 | 2 | 11 | 13 | 0 | 9 | 9 |
| 합 계 | 390 | 386 | 776 | 396 | 398 | 794 | 386 | 389 | 775 | 407 | 391 | 798 |

<표 8> 김포공항 주간 슬롯 배정 현황 (월 ~ 수)

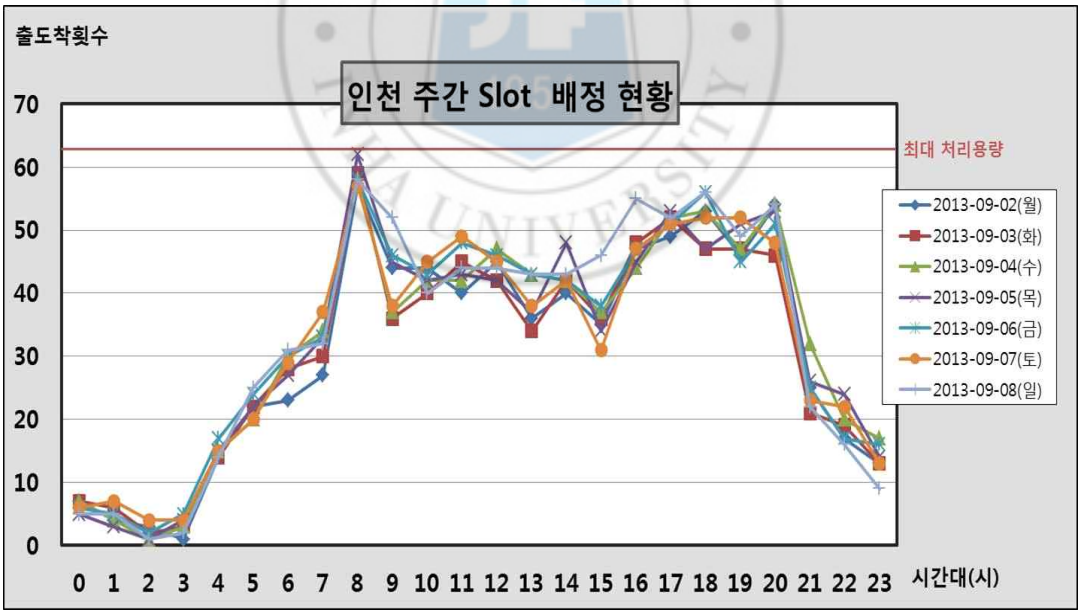
| Time | 2013-09-02(월) | | | 2013-09-03(화) | | | 2013-09-04(수) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 ~ 02:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 ~ 03:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 ~ 04:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 ~ 05:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 ~ 06:59 | 0 | 17 | 17 | 0 | 16 | 16 | 0 | 17 | 17 |
| 07:00 ~ 07:59 | 3 | 13 | 16 | 3 | 14 | 17 | 3 | 15 | 18 |
| 08:00 ~ 08:59 | 6 | 14 | 20 | 7 | 15 | 22 | 5 | 15 | 20 |
| 09:00 ~ 09:59 | 17 | 13 | 30 | 17 | 12 | 29 | 15 | 12 | 27 |
| 10:00 ~ 10:59 | 13 | 12 | 25 | 13 | 13 | 26 | 15 | 12 | 27 |
| 11:00 ~ 11:59 | 14 | 13 | 27 | 12 | 13 | 25 | 13 | 14 | 27 |
| 12:00 ~ 12:59 | 13 | 16 | 29 | 14 | 14 | 28 | 13 | 15 | 28 |
| 13:00 ~ 13:59 | 14 | 12 | 26 | 14 | 12 | 26 | 15 | 11 | 26 |
| 14:00 ~ 14:59 | 15 | 10 | 25 | 13 | 11 | 24 | 13 | 11 | 24 |
| 15:00 ~ 15:59 | 16 | 15 | 31 | 13 | 14 | 27 | 15 | 15 | 30 |
| 16:00 ~ 16:59 | 10 | 19 | 29 | 13 | 18 | 31 | 9 | 18 | 27 |
| 17:00 ~ 17:59 | 13 | 8 | 21 | 11 | 12 | 23 | 14 | 9 | 23 |
| 18:00 ~ 18:59 | 16 | 16 | 32 | 17 | 13 | 30 | 15 | 12 | 27 |
| 19:00 ~ 19:59 | 10 | 14 | 24 | 9 | 17 | 26 | 10 | 14 | 24 |
| 20:00 ~ 20:59 | 8 | 6 | 14 | 10 | 6 | 16 | 7 | 7 | 14 |
| 21:00 ~ 21:59 | 17 | 2 | 19 | 19 | 0 | 19 | 16 | 1 | 17 |
| 22:00 ~ 22:59 | 13 | 0 | 13 | 15 | 0 | 15 | 14 | 1 | 15 |
| 23:00 ~ 23:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 합 계 | 198 | 200 | 398 | 200 | 200 | 400 | 192 | 199 | 391 |

<표 9> 김포 주간 Slot 배정 현황 (목 ~ 일)

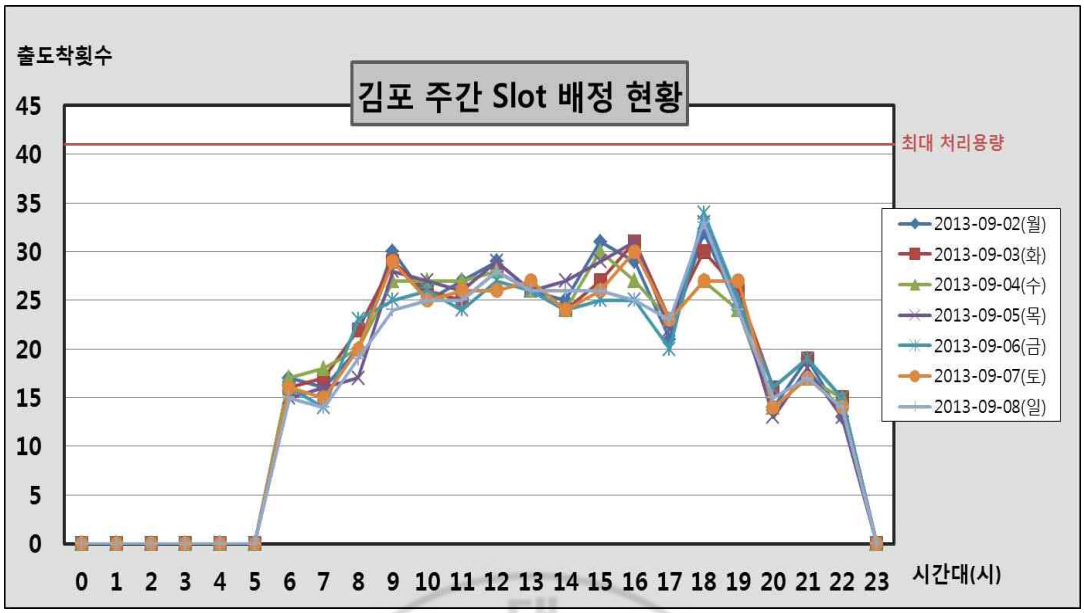
| Time | 2013-09-05(목) | | | 2013-09-06(금) | | | 2013-09-07(토) | | | 2013-09-08(일) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 ~ 02:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 ~ 03:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 ~ 04:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 ~ 05:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 ~ 06:59 | 0 | 15 | 15 | 0 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 1 | 14 | 15 |
| 07:00 ~ 07:59 | 3 | 13 | 16 | 3 | 11 | 14 | 2 | 13 | 15 | 3 | 11 | 14 |
| 08:00 ~ 08:59 | 4 | 13 | 17 | 6 | 17 | 23 | 6 | 14 | 20 | 5 | 14 | 19 |
| 09:00 ~ 09:59 | 16 | 12 | 28 | 14 | 11 | 25 | 17 | 12 | 29 | 12 | 12 | 24 |
| 10:00 ~ 10:59 | 15 | 12 | 27 | 14 | 12 | 26 | 13 | 12 | 25 | 14 | 11 | 25 |
| 11:00 ~ 11:59 | 12 | 14 | 26 | 12 | 12 | 24 | 13 | 13 | 26 | 12 | 13 | 25 |
| 12:00 ~ 12:59 | 14 | 15 | 29 | 12 | 15 | 27 | 12 | 14 | 26 | 13 | 15 | 28 |
| 13:00 ~ 13:59 | 14 | 12 | 26 | 14 | 12 | 26 | 14 | 13 | 27 | 14 | 12 | 26 |
| 14:00 ~ 14:59 | 16 | 11 | 27 | 14 | 10 | 24 | 13 | 11 | 24 | 15 | 11 | 26 |
| 15:00 ~ 15:59 | 14 | 15 | 29 | 11 | 14 | 25 | 12 | 14 | 26 | 11 | 15 | 26 |
| 16:00 ~ 16:59 | 13 | 18 | 31 | 9 | 16 | 25 | 13 | 17 | 30 | 9 | 16 | 25 |
| 17:00 ~ 17:59 | 11 | 11 | 22 | 12 | 8 | 20 | 12 | 11 | 23 | 15 | 8 | 23 |
| 18:00 ~ 18:59 | 18 | 15 | 33 | 19 | 15 | 34 | 15 | 12 | 27 | 17 | 16 | 33 |
| 19:00 ~ 19:59 | 9 | 16 | 25 | 10 | 15 | 25 | 10 | 17 | 27 | 9 | 15 | 24 |
| 20:00 ~ 20:59 | 8 | 5 | 13 | 8 | 8 | 16 | 9 | 5 | 14 | 9 | 6 | 15 |
| 21:00 ~ 21:59 | 18 | 0 | 18 | 18 | 1 | 19 | 17 | 0 | 17 | 17 | 0 | 17 |
| 22:00 ~ 22:59 | 13 | 0 | 13 | 15 | 0 | 15 | 13 | 1 | 14 | 14 | 0 | 14 |
| 23:00 ~ 23:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 합 계 | 198 | 197 | 395 | 191 | 193 | 384 | 191 | 195 | 386 | 190 | 189 | 379 |

<표 6>과 <표 7>, <표 8>과 <표 9>, [그림 3]과 [그림 4]는 인천공항과 김포공항의 2013년 9월 첫째 주간 슬롯 배정 현황을 나타내고 있다. 인천공항의 경우 오전 8시~9시대에 운항수가 최대 슬롯 수인 시간당 63회에 근접하고 있으며, 오후 4시 이후의 시간대에서도 슬롯에 여유가 적어 보인다. 김포공항의 경우 슬롯에 여유가 있으나 오후 시간대가 피크 시간대로 나타나고 있다. 인천공항의 항공수요 증가 시, 오전 피크 시간의 수요를 감당하기 어려울 것으로 보인다. 동일 시간 대 김포공항의 슬롯은 여유가 있으며 이는 향후 미래 항공 수요 대응 측면에서도 여유가 있을 것으로 예상된다.

즉, 인천공항과 김포공항의 피크 시간대가 서로 상이하고 상대적으로 김포공항의 슬롯에 여유가 많은 상태이므로, 인천공항의 수요 중 김포공항에 일부 노선을 배정할 경우 인천공항은 슬롯에 여유를 확보할 수 있다. 이는 장기적으로 한정된 수도권 공역을 효율적으로 활용할 수 있으며 향후 항공 수요 증가에도 대응할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수도권 복수공항 체제에서 한정된 슬롯의 효율적인 운영방안을 모색하기 위한 분석을 실시하고자 한다.




[그림 3] 인천공항 슬롯 배정 현황




[그림 4] 김포공항 슬롯 배정 현황

# 제 3 장 연구이론 및 모형

## 제 1 절 네트워크의 기본 개념

### 1. 네트워크의 기본 개념 및 구조

네트워크란 사전적 의미로는 '서로 연결되어 있고 서로 작용하는 것들의 체계'이다. 이덕희(2008)는 네트워크를 '노드(node)와 링크(link)로 이루어진 유무형의 집합체계'라고 하였으며, Dorogovtsev 외(2003)는 'Edges에 의해 연결된 Vertices의 집합'으로 정의하였다. 'Edges'와 'Vertices'는 수학의 그래프 이론에서 사용되는 용어로 각각 링크(link)와 노드(node)로 대응되는 개념이라 할 수 있다.

항공 산업을 형성하는 주요 요소에는 이용객, 항공사, 공항 등이 있는데, 항공사는 항공노선(route)이라는 링크(link)를 이용하여 서비스를 제공하게 되며, 공항은 이러한 항공노선의 집결지(node)가 된다. 따라서 노드(node)란 네트워크의 집결지이면서 기·종점(origin-destination)이 되는 공항을 뜻하는 것이며, 링크(link)란 노드와 노드 사이, 즉 공항과 공항을 연결하는 항공 노선을 의미한다.

네트워크 구조를 수학적으로 표현하면 네트워크(G)는 $G=\{N, L, f\}$로 나타낼 수 있는데, 여기서 N은 노드들의 집합이고, L은 링크들의 집합, $f$는 노드들이 각각 링크를 통해 어떻게 연결되어 있는지를 설명하는 $N\times N$ 연결함수이다. 동적차원을 가진 네트워크($G(t)$)는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$G(t)=\{N(t), L(t), f(t)\}$$

$t$ = 시간, $N$=노드(node), $L$ = 링크(link),

$f$ : $N\times L$ = 위상기하학적인 망(topology)을 만들면서 노드의 쌍을 연결하는 사상함수

## 2. 공항 네트워크

공항이 발달하면서 중심공항(hub airport)과 지선공항(feeder airport)을 연결하는 형태의 Hub-and-Spoke 네트워크 구조가 나타나게 되었다. 중심공항(hub airport)이란 방사형 노선으로 여러 소규모 공항을 연결한 노선망 형태에서 그 중심 위치를 차지하는 공항을 말하거나 장거리 노선을 한 방향으로 연결하는 공항을 뜻한다. Hub-and-Spoke 네트워크를 운영하는 항공사는 허브공항과 스포크공항 간 다수의 비행 편을 운영한다. 항공사는 허브공항에서 도착 및 출발 항공편 스케줄을 조정하여 여객이 허브공항을 경유하여 최종 목적지로 여행할 수 있도록 지연을 최소화한다. 이러한 전략은 편리한 직항 운항편이 충분하지 않은 출발지와 목적지 간 여행을 하는 승객을 타겟으로 하게 된다.

Danesi(2006)는 Hub-and-Spoke 네트워크의 필수조건으로 네트워크 구조의 공간적 집중, 허브공항에서 웨이브(wave) 형태로 운항 스케줄의 시간적 조정, 그리고 허브공항 경유를 위한 환승 서비스의 통합(수하물 자동처리 등) 등 3가지 요소를 제시하였다.

네트워크 내에서 허브공항은 하나의 노드(node)이며, 이의 속성을 살펴보고 가치를 가늠하는 것은 매우 중요하며, 이와 관련된 연구들이 중요성을 뒷받침하고 있다. Reynolds-Feighn(1988)은 미국의 규지완화 이후 나타난 Hub-and-Spoke 네트워크 형태에 대한 특성을 분석하였다. Doganis 외(1999)는 특정 공항의 허브웨이브(hub wave)를 대상으로 연결시간, 연결 스케줄 등을 면밀하게 분석하여 허브를 평가하기도 하였다. 네덜란드의 Burghouwt와 de Wit(2005), Veldhuis(1997)는 허브 연결성을 환승시간, 운항시간 등으로 평가하는 연구를 수행하였다. 우리나라에서도 이상용(2009)은 연결성 개념으로 모형을 개발하여 허브를 평가하였는데, 본 연구에서는 이상용(2009)의 연구모형을 적용하여 분석을 실시하고자 한다.

## 제 2 절 항공네트워크 연결성

항공네트워크 연결성은 국가를 중심으로 하는 연결성과 개별공항을 중심으로 하는 연결성을 별도로 구분하여 접근한다.

### 1. 국가 항공네트워크 연결성

국가 항공네트워크 연결성은 국가를 중심으로 하는 연결성으로, 국가를 하나의 노드(node)로 보고 이웃한 국가들과의 관계(link)가 어떠한 정도인지를 분석하는 것이다.

World Bank는 세계 각국의 글로벌 항공교통시스템과 운항횟수, 신뢰성 및 취항지의 다양성과 연계된 연결성의 중요도를 분석하였다. 여러 국가들의 노선들이 한 국가로 많이 향할수록 그 국가의 연결성이 좋다고 할 수 있다. 또한 네트워크상에서 한 국가에서 다른 국가로 노선들이 많아지고 운영비용이 상대적으로 적은 경우에도 그 국가의 연결성 지수는 커지게 된다. World Bank의 분석에 사용된 항공연결성지수(ACI: Air Connectivity Index)는 다음과 같이 정의된다.

$$\overline{C} = \sqrt{\frac{\frac{X_{i.}}{A_i} + B_i}{\sum_j B_j}} \times \sqrt{\frac{\frac{X_{.i}}{B_i} + A_i}{\sum_j A_j}}$$

$X_{i.}$ : Total outflow of node $i$ $\quad X_{i.} = \sum_j A_i B_j K_{ij}$

$X_{.i}$ : Total inflow of node $i$ $\quad X_{.i} = \sum_j B_i A_j K_{ij}$

노드 $i$의 총유동량(flow)은 $\frac{X_{i.} + X_{.i}}{2}$가 됨

$A_i$ = 노드 $i$의 repulsive potential, $B_i$ = 노드 $i$의 attractive potential

$A_j$ = 노드 $j$의 repulsive potential, $B_j$ = 노드 $j$의 attractive potential

2011년 World Bank의 분석 결과 우리나라 항공네트워크 연결성은 ACI 4.79%

로 아시아권에서는 중국, 일본, 홍콩에 이어 4번째인 55위를 차지하였다. 국가 항공네트워크 연결성 분석에 따르면 신규 노선을 취항이나 증편이 있는 경우, 인천공항에 노선을 배치하는 경우와 김포공항에 노선을 배치하는 경우에는 국가 연결성 측면에서는 차이가 없다. 그러나 어떠한 원인(첨두시간 등)으로 인해 인천공항에 신규 노선을 취항하거나 증편이 불가한 경우, 김포공항에 증설 및 증편을 허용한다면 국가 연결성은 향상될 수 있다. 즉, 김포공항이 현재 규정인 반경 2,000km 이내의 노선이나 항공자유화 지역 내에서의 신규 노선을 취항하거나 노선수를 증편하는 경우, 김포공항의 노선 수가 증가하여 네트워크 연결성은 향상하게 되는 것이다.

## 2. 공항 네트워크 연결성

공항 네트워크 연결성은 개별공항을 중심으로 하는 연결성으로, 특정 공항을 하나의 노드(node)로 보고, 간선노선(truck route)과 지선노선(feeder route)을 연결하는 정도를 분석하는 것이다. 공항 네트워크 연결성을 측정하는 도구에는 연결성 비, 가중연결성지수, 연속연결성지수 등이 있다. 본 연구에서는 연속연결성지수인 시간 연결성지수와 공간 연결성지수를 분석 모형으로 사용하였다.

1) 연결성 비(Connectivity Ratio, CR)

연결성 비는 1989년 Doganis 및 Dennis의 연구에서 제시된 개념으로, 도착 항공편 시간에서 최소연결시간(Minimum Connect Time, MCT)보다 크고 최대연결시간(Maximum Acceptable Connect Time, MACT) 작은 시간대에서 출발하는 항공편수의 연결성을, 항공사 운영시간 동안 랜덤 또는 균일하게 출·도착하는 경우에 예상되는 연결성지수로 나눈 값으로 정의할 수 있다. 연결성 비를 수식 모형으로 나타내면 다음과 같다.

$$CR = \frac{N_c}{N_r}$$

$$N_c = \sum_i \sum_j m_{ij}$$

$$N_r = n_a \frac{n_d}{T}(MACT - MCT) = n_a n_d \frac{MACT - MCT}{T}$$

$$n_c = \frac{N_c}{n_a} \quad n_r = \frac{N_r}{n_a}$$

$$CR = \frac{n_c}{n_r} = \frac{n_c}{n_d \frac{MACT - MCT}{T}}$$

여기서, $CR$ = 연결성 비(connectivity ratio),

$MCT$ = 최소연결시간,

$MACT$ = 최대연결시간,

$m_{ij}$는 $MCT \le t_{d,j} - t_{a,i} \le MACT$인 경우 1이며, 그 외에는 0인 값을 갖는 더미변수,

$t_{a,i}$ = 도착 항공편 i의 도착시간,

$t_{d,j}$ = 출발 항공편 j의 출발시간,

$N_c$ = 도착 후 MCT와 MACT 사이의 출발편수,

$N_r$ = 출·도착편이 일정하게 구성될 경우의 도착 항공편에 대한 연결되는 출발편수,

$n_a$ = 도착 항공편 수,

$n_d$ = 출발 항공편 수를 나타낸다.

Doganis는 대륙 내·외 운항여부와 관계없이 MCT는 45분, MACT는 90분으로 설정하였다.

2) 가중우회연결성지수

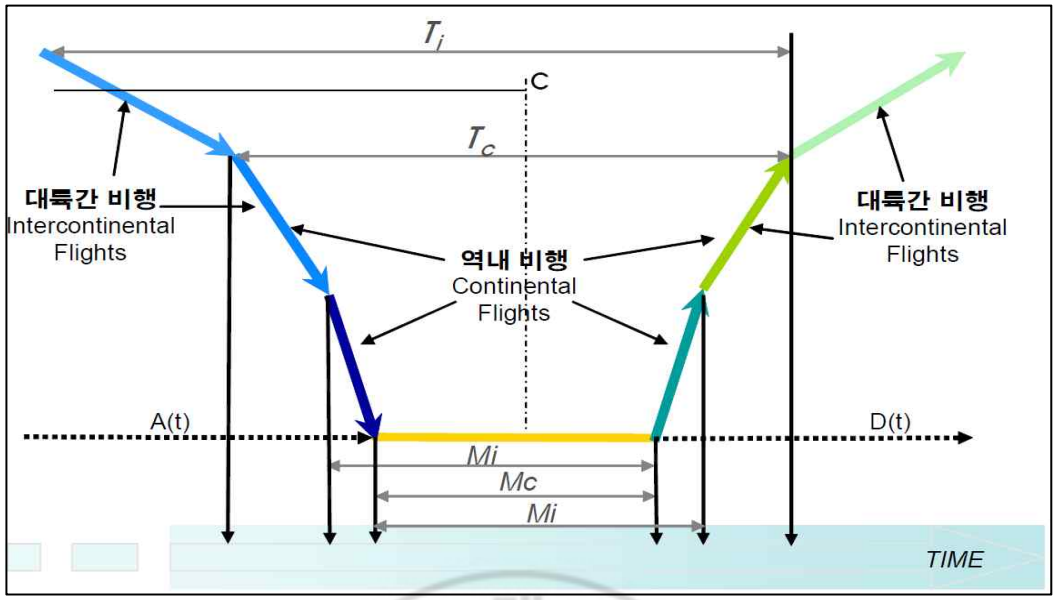
공항에 도착하고 출발하는 항공편의 구조는 공항을 이용하는 승객들의 여행 패턴을 결정하는 매우 중요한 요소가 된다. 만약 특정 공항이 허브공항으로서 역할을 담당하는 중요한 공항이라면, 그 공항은 도착하는 항공편과 도착시간 이

후 출발하는 여러 노선의 항공편이 효율적으로 구성 및 연결되어 있다는 의미로서 연결성(connectivity)이 좋다고 평가할 수 있다. 물론 연결성을 평가하는 요소는 무수히 많으나 시간적인 요소에 근거한다면 무엇보다도 항공기 도착과 환승 항공기편 사이의 연결시간(connecting time)이 가장 중요한 요소가 될 것이다. 일반적으로 항공노선을 장거리(long-haul)와 단거리(shour-haul)로 분류한다면, 이 두 노선 간의 조합에 따라 환승을 위해 필요한 최소연결시간(MCT: minimum connecting time)은 다르게 구성될 것이다. 장거리-장거리 연결편에는 일반적으로 가장 긴 연결시간이 필요할 것이며, 단거리-단거리 연결은 상대적으로 짧은 연결시간이 요구된다.

Burghouwt(2005)는 항공사 운항편 스케줄의 우회 연결성을 평가하기 위해 연결성의 질적인 측면이라고 할 수 있는 '공항에서의 환승시간'과 '우회 항공편의 비행시간'을 결정하는 연구를 진행하였으며 허브 연결성의 측정도구로서 '가중우회연결성지수(WNX: Weighted Indirect Connecting Number)'를 제시하였다. Burghouwt는 항공편 운항노선을 대륙별로 구분하여 최소연결시간(MCT)은 60분으로 설정하였고, 최대연결시간(MACT: maximum connecting time)은 동일한 역내(intra-continental) 운항일 경우에는 180분, 역내 노선과 대륙노선(intra & inter-continental) 간의 연결일 경우에는 300분, 그리고 대륙 간(inter-continental) 연결일 경우에는 720분으로 설정하였다.

<표 10> Burghouwt의 공항에서 환승을 위한 최소 및 최대 연결시간

| 항 목 | | 최소연결시간(분) $MCT_{i,j}$ | 최대연결시간(분) $MACT_{i,j}$ |
|---|---|---|---|
| 연결형태 (Connection Type) | 대륙 내 ⇔ 대륙 내 (Intra Continental ⇔ Intra Continental) | 60 | 180 |
| | 대륙 내 ⇔ 대륙 외 (Intra Continental ⇔ Inter Continental) | 60 | 300 |
| | 대륙 외 ⇔ 대륙 외 (Inter Continental ⇔ Inter Continental) | 60 | 720 |




[그림 5] 공항에서의 출발-도착 항공편 연결 웨이브 구조

가중우회연결성지수(WNX)의 수식모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$WNX = \sum_k WI_k$$

$$WI_k = \frac{1\left(1 - \frac{IFT_k - DFT_k}{DFT_k}\right) + 2.4\left(1 - \frac{TT_k}{MACT_k}\right)}{3.4}$$

$$= \frac{2 - \frac{IFT_k}{DFT_k} + 2.4\left(1 - \frac{TT_k}{MACT_k}\right)}{3.4}$$

여기서, $TT_k = t_{d,j} - t_{a,i}$ , $k = (i, j)$, 도착 편과 출발 편 간 시간(분),

$IFK_k =$ 경유노선 운항시간,

$DFT_k =$ 두 지점 간 직항운항시간,

$$WI_k = \begin{cases} 1 < \frac{IFT_k}{DFT_k} < 1.40 & , MCT_k \le TT_k \le MACT_k \\ 0 & , otherwise \end{cases}$$ 을 의미한다.

3) 연속연결성지수

연결성 비(CR)와 가중우회연결성지수(WNX)는 특정 공항에서의 항공기 도착과 출발을 이산적(discrete)인 형태로 가정하고, 운항편이 동일 대륙 내에 속하는지 여부에 따라 최소연결시간(MCT)과 최대연결시간(MACT)을 설정하였다. 대륙별 연결시간을 정의하는 데에는 대륙을 어떻게 정의하느냐의 문제와 대륙마다 항공기 운항시간이 다르다는 문제가 중요한 사항이 된다. 유럽의 경우 동쪽 끝과 서쪽 끝에 위치한 두 공항 간 운항시간은 약 3시간 10분, 북아메리카는 약 4시간 40분이 소요되는 반면, 아시아의 경우 동쪽 끝 일본 삿포로(CTS)공항과 서쪽 끝 인도 봄베이(BOM) 공항 간 항공기 운항시간은 약 8시간이 소요된다. 따라서 MCT와 MACT를 대륙별로 구분하여 설정하는 것 보다는 항공기 운항시간에 따라 차별적으로 적용하는 것이 보다 합리적이라 할 수 있다.

또한 실제 공항에서의 항공기 운항은 연속적인 현상을 나타내기 때문에 이상용(2009)은 이러한 점을 반영하여 공항의 '연속연결성지수(Continuous Indirect Connectivity Index, CICI)'를 개발하였다. MCT와 MACT를 결정하는 항공기 운항시간 기준은 8시간으로 정하였다. 그 이유는 가장 넓은 아시아 지역의 운항소요시간이 8시간 정도이며, 현재 사업용 항공기(Commercial Aircraft)의 최대 운항시간인 약 16시간의 절반에 해당하는 시간이기 때문이다.

본 연구에서는 이상용(2009)의 연구논문을 바탕으로 항공기 운항시간 8시간 이내의 연결편은 MCT 45분, MACT 180분으로 설정하였고, 운항시간 8시간 또는 그 이상의 연결편은 MCT 60분, MACT 720분으로 설정하였다.

<표 11> 연속연결성지수의 최소 연결시간 및 최대 연결시간

| 항목 | | 최소연결시간(분) $MCT_{i,j}$ | 최대연결시간(분) $MACT_{i,j}$ |
|---|---|---|---|
| 연결형태 (Connection Type) | · 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역 | 45 | 180 |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역<br>· 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 60 | 720 |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 60 | 720 |

## 제 3 절 연구모형

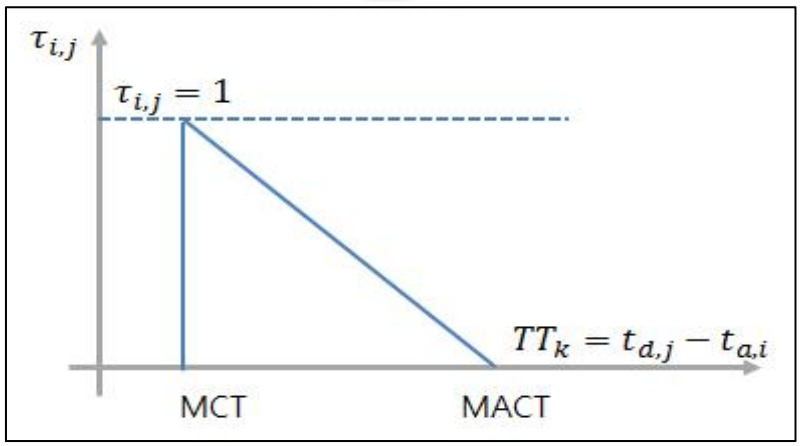
본 연구의 분석에 사용한 모형은 연속연결성지수인 시간 연결성지수(TCI: Temporal Connectivity Index)와 공간 연결성지수(SCI: Spatial Connectivity Index)이다.

### 1. 시간 연결성지수(TCI)

시간 연결성지수(TCI)는 Doganis(1989)가 최초로 이론화한 개념으로, 특정 공항에서 환승이 가능한 시간, 즉 '항공기 도착 후 최소연결시간(MCT)에서 최대연결시간(MACT) 사이에 환승할 수 있는 항공편이 몇 개인가'로 정의할 수 있다. 모형을 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$TCI(\tau_{i,j}) = \begin{cases} \dfrac{-(TT_{i,j} - MACT_{i,j})}{MACT_{i,j} - MCT_{i,j}} & , MCT_{i,j} \le TT_{i,j} \le MACT_{i,j} \\ 0 & , TT_{i,j} \ge MACT_{i,j} \end{cases}$$

여기서 $TT_k = t_{d,j} - t_{a,i}$ , $k = (i,j)$는 도착 항공편과 이후 출발할 수 있는 항공편 시간의 차이(분)를 나타낸다.




[그림 6] 시간 연결성지수(TCI)

항공기 도착 후 최소연결시간(MCT) 내에 출발하는 항공편에 대해서는 시간 연결성지수 값을 1로 적용하고, 시간 경과에 따라 구배를 주어 최대연결시간(MACT)에서는 0 값이 되는 연속적인 1차 함수 형태로 설정하였다. 시간 연결성지수 값이 클수록 빠른 시간 내에 환승이 가능한 노선수가 많다는 것을 의미하고, 이는 해당 공항이 허브공항으로서의 역할이 높은 공항임을 나타낸다.

시간 연결성지수 산출을 예를 들어 설명하면, 인천공항으로부터 8시간 운항거리 내에 있는 나리타 공항에서 인천공항으로 들어오는 항공편 수는 월요일 하루에 17편이 있다. 그 중 인천공항에 오전 10시 40분에 도착하여 8시간 비행거리 내 지역으로 환승을 할 경우, 최소연결시간 45분과 최대연결시간 180분을 적용하여 인천공항에서 출발 가능한 시간은 오전 11시 25분부터 오후 1시 40분 사이가 된다. 그 시간 사이에 출발 가능한 노선수는 총 176개이며 각 노선에 대한 시간 연결성지수를 산출한다. 산출된 지수는 월요일 오전 10시 40분 인천공항에 도착하는 나리타 발 항공편에 대한 시간 연결성지수가 된다.

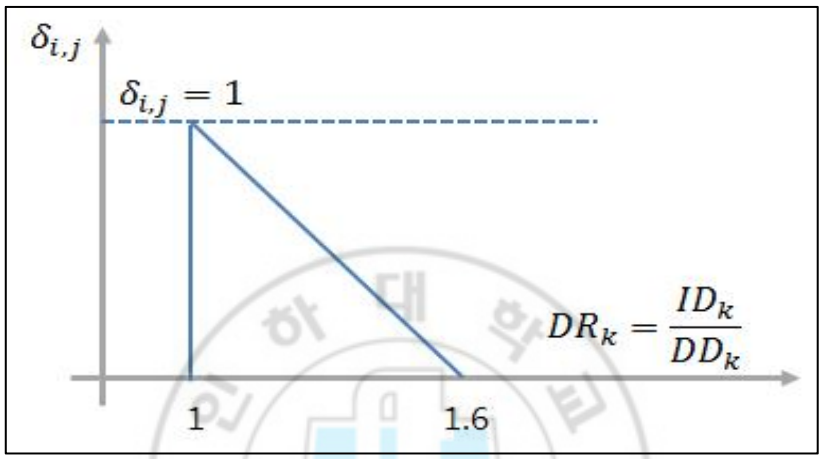
## 2. 공간 연결성지수(SCI: Spatial Connectivity Index)

공간 연결성지수(SCI)는 어느 특정 공항에서의 환승에 의한 총 운항거리(운항시간)와 직항(non-stop)의 운항거리(운항시간)의 비(ratio)로 나타낸 지표이다. 즉, 출발지와 도착지 사이 경유 공항에서 환승하였을 때의 총 비행거리가 출발지와 도착지 직항 운항거리에 비해 어느 정도 긴지를 나타내는 지수이다.

Danesi(2006)는 볼록함수 개념으로 우회정도(경유노선 거리 ÷ 직항노선 거리)가 1.2 이하인 경우는 1.0을, 1.2～1.5인 경우 0.5를 적용하였고, Burghouwt(2005)는 우회정도를 1～1.4로 한정하여 연결성 지수가 1.0～0.6의 값을 갖도록 하였고, 이상용(2008)은 우회정도를 1~1.6으로 확대하였다. 본 분석에서는 상기 연구를 토대로 우회정도를 1～1.6으로 설정하였으며, 공간 연결성지수가 1부터 0까지 연속적인 감소를 갖도록 하였다. 이는 환승노선의 우회정도가 커질수록 여행 시간이 많이 소요되며, 그 결과로 고객이 느끼는 환승노선의 선호도가 감소되어 해당 환승공항의 허브화가 약화되는 것임을 나타낸다. 따라서 환승공항의 공간 연결성지수 값이 클수록 경유노선 거리와 직항노선 거리의 차가 적은 것으로, 해당 공항의 허브화가 높다고 해석할 수 있다.

$$SCI(\delta_{i,j}) = \begin{cases} \dfrac{-(DR_{i,j} - 1.6)}{0.6} & , \ 1 \le DR_{i,j} \le 1.6 \\ 0 & , \ DR_{i,j} > 1.6 \ (DR_{i,j} = ID_{i,j} / DD_{i,j}) \end{cases}$$

여기서, $ID_{i,j}$는 경유노선거리(시간)를, $DD_{i,j}$는 직항노선거리(시간)을 나타낸다.




[그림 7] 연결노선의 우회정도와 SCI

공간 연결성지수의 산출방식을 시간 연결성지수와 같은 예로 설명하면, 인천공항에서 8시간 비행거리 지역 내로 출발 가능한 노선 수는 총 74개이다. 그 중 나리타 공항에 대한 우회정도(DR)가 1 이하이거나 1.6 이상인 노선을 제외하면 총 분석 대상은 42개의 노선이 된다. 각 노선에 대하여 나리타 공항과의 직항거리와 인천공항을 경유하였을 때의 총 운항거리의 비로 나리타공항에 대한 인천공항의 공간 연결성지수를 산출하게 된다.

# 제 4 장 실증분석

## 제 1 절 공항연결성 분석 방법

수도권 공항의 네트워크 분석은 3절에서 설명한 연속 연결성지수의 시간 연결성지수와 공간 연결성지수를 활용한다. 분석 단계는 <표 12>와 같이 요약할 수 있다. 분석을 위한 기본 모형을 설정하고, 기본 모형인 연속 연결성지수의 MCT와 MACT를 조정하였다. 조정된 MCT와 MACT를 바탕으로 공항의 노선별 시간 연결성지수와 공간 연결성지수를 산출한다.

<표 12> 수도권 공항 연결성 분석 단계

| 항 목 / 단 계 | 연결성 지수 | 모형식 / 조건 | 내 용 |
|---|---|---|---|
| 1단계 | 연속연결성지수 | $\sum_i \sum_j mi,j$ | 기본 모형 설정 |
| 2단계 | [1단계] + MCT, MACT 변경 | · 8시간 이내 운항 간 연결 (MCT=45, MACT=180)<br>· 8시간 이상 운항 간 연결 (MCT=60, MACT=720) | 운항시간에 따라 MCT 및 MACT를 조정 |
| 3단계 | [1, 2단계] + 시간 연결성지수 | $\tau_{i,j} = \frac{-(TT_{i,j} - MACT_{i,j})}{MACT_{i,j} - MCT_{i,j}}$ | MCT와 MACT 사이에 0에서 1값 차등적용 |
| 4단계 | [1, 2, 3단계] + 공간 연결성지수 | $\delta_{i,j} = \frac{-(DR_{i,j} - 1.6)}{0.6}$ | 직항노선 대비 경유정도에 따라 0에서 1값 차등적용 |

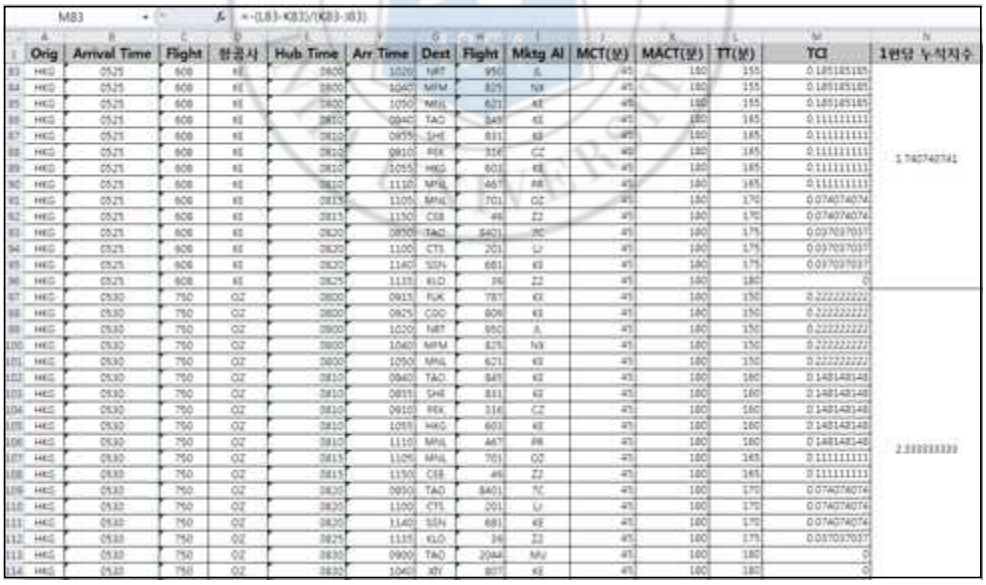
분석에 사용된 데이터는 2013년 9월 23일부터 9월 29일까지 일주일간의 공항 스케줄 데이터로, IATA에서 제공하는 공항 스케줄 데이터를 사용하였다. 시간 연결성지수를 산출하기 위하여 수도권 공항에 취항하는 노선의 항공기 도착 및 출발 시간 데이터를 수집하였고, 공간 연결성지수 분석을 위하여 출발지와 목적지의 직항거리, 출발지와 경유지(인천공항 또는 김포공항) 거리, 그리고 경유지와 목적지 거리에 대한 데이터를 취합하였다. 취합한 데이터를 Excel 프로그램에 정리하였고, 시간 연결성지수 산출식과 공간 연결성지수 산출식을 적용하여 각각의 지수 값을 계산하였다.

선행연구 분석을 바탕으로 본 연구에서 조정된 최소연결시간(MCT)와 최대연결시간(MACT)는 <표 13>과 같다. 본 연구에서는 항공기 운항시간 8시간을 기준으로 MCT와 MACT를 조정하였다.

<표 13> 비행거리 간 최소 연결시간 및 최대 연결시간

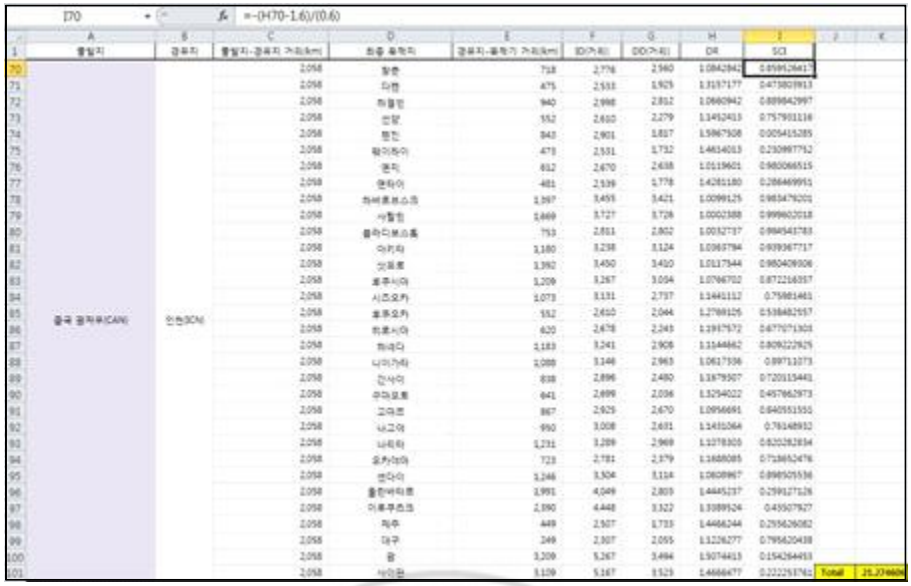
| 항목 | | 최소연결시간(분) $MCT_{i,j}$ | 최대연결시간(분) $MACT_{i,j}$ |
|---|---|---|---|
| 연결형태 (Connection Type) | · 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역 | 45 | 180 |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역<br>· 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 60 | 720 |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 60 | 720 |

아래 [그림 8]과 [그림 9]은 시간 연결성지수와 공간 연결성지수 분석을 위해 사용한 엑셀 프로그램의 예시이다.



| | Orig | Arrival Time | Flight | 항공사 | Hub Time | Arr Time | Dest | Flight | Mktg Al | MCT(분) | MACT(분) | TT(분) | TCI | 1편당 누적지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 83 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0600 | 1020 | NRT | 950 | JL | 45 | 180 | 155 | 0.185185185 | |
| 84 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0600 | 1040 | MEM | 825 | NW | 45 | 180 | 155 | 0.185185185 | |
| 85 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0600 | 1050 | MNL | 621 | KE | 45 | 180 | 155 | 0.185185185 | |
| 86 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0810 | 0840 | TAO | 849 | KE | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | |
| 87 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0810 | 0855 | SHE | 831 | KE | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | |
| 88 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0810 | 0910 | PEK | 316 | CZ | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | 1.782740741 |
| 89 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0810 | 1055 | HKG | 603 | KE | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | |
| 90 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0810 | 1110 | MNL | 467 | PR | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | |
| 91 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0815 | 1105 | MNL | 701 | OZ | 45 | 180 | 170 | 0.074074074 | |
| 92 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0815 | 1150 | CEB | 49 | ZE | 45 | 180 | 170 | 0.074074074 | |
| 93 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0820 | 0850 | TAO | 8401 | 7C | 45 | 180 | 175 | 0.037037037 | |
| 94 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0820 | 1100 | CTS | 201 | LJ | 45 | 180 | 175 | 0.037037037 | |
| 95 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0820 | 1140 | SGN | 681 | KE | 45 | 180 | 175 | 0.037037037 | |
| 96 | HKG | 0525 | 608 | KE | 0825 | 1135 | KLO | 39 | ZE | 45 | 180 | 180 | 0 | |
| 97 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0800 | 0915 | FUK | 787 | KE | 45 | 180 | 150 | 0.222222222 | |
| 98 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0800 | 0925 | CGO | 806 | KE | 45 | 180 | 150 | 0.222222222 | |
| 99 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0800 | 1020 | NRT | 950 | JL | 45 | 180 | 150 | 0.222222222 | |
| 100 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0800 | 1040 | MEM | 825 | NW | 45 | 180 | 150 | 0.222222222 | |
| 101 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0800 | 1050 | MNL | 621 | KE | 45 | 180 | 150 | 0.222222222 | |
| 102 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0810 | 0840 | TAO | 849 | KE | 45 | 180 | 160 | 0.148148148 | |
| 103 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0810 | 0855 | SHE | 831 | KE | 45 | 180 | 160 | 0.148148148 | |
| 104 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0810 | 0910 | PEK | 316 | CZ | 45 | 180 | 160 | 0.148148148 | |
| 105 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0810 | 1055 | HKG | 603 | KE | 45 | 180 | 160 | 0.148148148 | |
| 106 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0810 | 1110 | MNL | 467 | PR | 45 | 180 | 160 | 0.148148148 | 2.333333333 |
| 107 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0815 | 1105 | MNL | 701 | OZ | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | |
| 108 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0815 | 1150 | CEB | 49 | ZE | 45 | 180 | 165 | 0.111111111 | |
| 109 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0820 | 0850 | TAO | 8401 | 7C | 45 | 180 | 170 | 0.074074074 | |
| 110 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0820 | 1100 | CTS | 201 | LJ | 45 | 180 | 170 | 0.074074074 | |
| 111 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0820 | 1140 | SGN | 681 | KE | 45 | 180 | 170 | 0.074074074 | |
| 112 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0825 | 1135 | KLO | 39 | ZE | 45 | 180 | 175 | 0.037037037 | |
| 113 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0830 | 0900 | TAO | 2044 | MU | 45 | 180 | 180 | 0 | |
| 114 | HKG | 0530 | 750 | OZ | 0830 | 1040 | XIY | 807 | KE | 45 | 180 | 180 | 0 | |

[그림 8] Excel을 통한 시간 연결성지수 분석 예시



[그림 9] Excel을 통한 시간 연결성지수 분석 예시

## 제 2 절 김포공항의 연결성 분석

### 1. 시간 연결성지수(TCI) 분석

김포공항의 총 시간 연결성 지수는 269로 분석되었다. 첫 번째 분석 기준인 8시간 이하의 비행거리 지역과 8시간 이하의 비행거리 지역 간 연결 형태, 즉 8시간 이내의 비행거리 지역에서 김포공항으로 들어온 항공기와 김포공항에서 8시간 이내의 비행거리 지역으로 나갈 수 있는 항공기 간 환승 가능한 항공편의 수는 518편이고, 그에 따른 시간 연결성지수는 김포공항의 총 시간 연결성지수인 269와 같았다.

김포공항에서는 취항하는 국제선 정기노선은 현재 하네다, 홍차오, 간사이, 나고야, 베이징, 쑹산 등 6개 노선이며, 모든 노선이 8시간 이내의 비행거리 지역 내에 있다. 따라서 8시간 이상의 비행거리 지역 내의 연결에 대하여 분석 가능한 노선이 존재하지 않는다.

### 2. 공간 연결성지수(SCI) 분석

김포공항의 공간 연결성지수는 총 13으로 나타났다. 김포공항에서 취항 중인 6개 노선을 대상으로, 출발지에서 김포공항을 경유하여 최종 목적지로 갈 경우의 총 운항거리와 출발지와 목적지 간 직항 운항거리의 비를 이용하여 공간 연결성지수를 계산하였다.

<표 14> 김포공항의 시간 연결성지수와 공간 연결성지수

| 항목 | | 최소연결시간 (분) $MCT_{i,j}$ | 최대연결시간 (분) $MACT_{i,j}$ | 시간 연결성지수 (TCI) | 공간 연결성지수 (SCI) |
|---|---|---|---|---|---|
| 연결형태 (Connection Type) | · 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역 | 45 | 180 | 269 | 13 |
| | 총 합 | | | 269 | 13 |

## 제 3 절 인천공항의 연결성 분석

### 1. 시간 연결성지수(TCI) 분석

시간 연결성지수는 인천공항에서 환승이 가능한 시간, 즉 인천공항에서 항공기가 도착한 이후 설정된 최소연결시간과 최대연결시간 사이에 환승할 수 있는 항공편이 얼마나 있는지를 나타내주는 지표이다. 인천공항의 시간 연결성지수는 총 12,593으로 나타났다.

<표 15> 인천국제공항의 비행시간에 따른 시간 연결성지수(TCI)

| 항목 | | 최소연결시간 (분) $MCT_{i,j}$ | 최대연결시간 (분) $MACT_{i,j}$ | 시간 연결성지수 (TCI) |
|---|---|---|---|---|
| 연결형태 (Connection Type) | · 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역 | 45 | 180 | 5,262 (41%) |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역<br>· 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 60 | 720 | 3,808 (31%)<br>2,916 (23%) |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 60 | 720 | 607 ( 5%) |
| 총 합 | | | | 12,593 (100%) |

첫 번째 분석 기준은 8시간 이하의 비행거리 지역 간 연결 형태로 최소연결시간이 45분, 최대연결시간이 180분일 때, 인천공항에서 환승 가능한 항공편의 수는 10,728편이었다. 그에 따른 시간 연결성지수는 인천공항 총 시간 연결성지수의 41%인 5,262로 산출되었다. 두 번째 분석 기준은 8시간 이상의 비행거리 지역과 8시간 이하의 비행거리 지역 또는 8시간 이하의 비행거리 지역과 8시간 이상의 비행거리 지역의 연결 형태로 최소연결시간과 최대연결시간이 각각 60분과 720분일 때, 인천공항에서 환승 가능한 항공편은 총 5,923편과 5,504편이고, 각각의 시간 연결성지수는 3,808과 2,916으로 인천공항 총 시간 연결성지수

의 31%와 23%에 해당한다. 마지막 분석기준인 8시간 이상의 비행거리 지역 간 연결 형태는 최소연결시간이 60분이고 최대연결시간이 720분일 때, 인천공항에서 환승 가능한 연결편은 954편이며 시간 연결성지수는 607로 인천공항 총 시간 연결성지수의 5%와 같았다. 따라서 분석 결과 인천공항의 시간 연결성지수에 가장 큰 영향을 미치는 형태는 8시간 이하의 비행거리 지역 간 단거리 연결 형태임을 알 수 있다.

## 2. 공간 연결성지수(SCI) 분석

인천공항에서 환승에 의한 총 운항거리와 직항의 운항거리의 비를 이용하여 계산된 인천공항의 총 공간 연결성 지수는 총 4,015인 것으로 분석되었다. 공간 연결성지수에 대한 분석 결과는 첫 번째 기준인 8시간 이하의 비행거리 지역 간 연결 형태에서 대상 노선의 수는 2,411개로 이에 대한 공간 연결성지수는 인천공항의 총 공간 연결성지수의 47%로 1,898로 산출되었다. 두 번째 분석 기준은 8시간 이상의 비행거리 지역과 8시간 이하의 비행거리 지역 또는 8시간 이하의 비행거리 지역과 8시간 이상의 비행거리 지역의 연결 형태로 대상 노선의 수는 910개 및 1,355개로서 이에 대한 공간 연결성지수는 각각 인천공항 총 공간 연결성지수의 20%인 815 및 34%인 1,182로 나타났다. 세 번째 분석 기준인 8시간 이상의 비행거리 지역 간 연결 형태로 대상 노선의 수는 183개였고 이에 대한 공간 연결성지수는 인천국제공항 총 공간 연결성지수의 3%인 120이었다. 시간 연결성지수와 마찬가지로 8시간 이하의 비행거리 지역 간 연결 형태가 공간 연결성지수에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<표 16> 인천국제공항의 비행시간에 따른 공간 연결성지수(SCI)

| 항목 | | 공간연결성 지수(SCI) |
|---|---|---|
| 연결형태 (Connection Type) | · 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역 | 1,898(47%) |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 비행거리 지역 | 815(20%) |
| | · 8시간 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 1,182(34%) |
| | · 8시간 이상 비행거리 지역 ⇔ 8시간 이상 비행거리 지역 | 120( 3%) |
| | 총 합 | 4,015(100%) |

## 제 4 절 노선 배분에 따른 수도권 공항의 연결성 영향 분석

### 1. 분석 배경 및 분석 대상 선정

중국의 공항개발이 미흡하던 2000년대 초반 중국 항공수요 흡수를 통한 동북아 주변공항과의 경쟁력 확보와 양 국적 항공사의 요청에 따른 항공사 경쟁력 강화를 위하여 인천공항 국제선 집중 정책이 시행되었다. 그에 따라 2001년 인천공항이 개항하면서 정부 정책으로 모든 국제선 운항이 인천공항으로 이전되었다. 그러나 동북아 항공시장의 중요성과 비즈니스 활동에 따른 시간단축의 필요성이 높아지면서 한·중·일 정부는 BE-SE-TO(Beijing-Seoul-Tokyo) 비즈니스 벨트를 형성하고, 신공항보다 접근성이 용이한 기존공항에서 일정한 국제선 셔틀서비스를 허용하는 방침을 결정하였다. 우리나라 정부에서도 이러한 요구에 따라 2003년 11월 「김포공항 국제선 전세편 운영규정」을 제정하여 김포공항에 국제선 전세편 운영을 허용하였다. 현재 운영규정 제5조에 따라 김포공항에 취항할 수 있는 상대국 대상공항의 요건은 김포공항으로부터 반경 2,000km 이내에 위치한 공항으로 한정되어 있다. 그러나 최근 중국의 경제성장에 따른 항공 산업의 급성장으로 중국의 공항은 세계최고의 수송량을 가지는 공항으로 성장하여 더 이상 인천공항의 종속공항으로 보기에는 무리가 있다. 또한 항공자유화 확대와 15,000km 이상의 거리를 직항할 수 있는 신 항공기의 등장 및 LCC 시장의 확대 등 항공시장의 환경 변화로 인하여 세계 허브공항 정책이 변화하고 있는 추세이다. 따라서 본 절에서는 수도권 양 공항의 효율적인 운영과 나아가 우리나라 항공시장의 성장을 위하여 인천공항과 김포공항의 노선 배분에 따른 영향을 분석하고자 한다.

인천공항의 노선을 김포공항으로 배분할 때에는, 인천공항 허브화 정책에 미치는 영향이 상대적으로 낮은 전략 노선을 검토하는 것이 바람직하다. 따라서, 인천공항 취항 노선 중 김포공항으로의 노선 분배에 따라 인천공항 허브화 전략에 미치는 영향을 파악하고자, 시간 연결성 측면과 공간 연결성 측면에서 분석을 실시하였다. 국가전체를 하나의 노드로 간주하여 분석하는 경우, 신규 노선 취항이나 증편 등의 수도권 공항의 여건 변화가 없는 한 국가 ACI는 변화가 없게 될 것이다. 영향 효과는 인천공항의 연결성 약화 측면과 김포공항의 연결

성 향상 측면을 모두 검토하였다.

분석 대상 노선은 「김포공항 국제선 전세편 운영규정」이 향후 완화된다는 가정 하에 2,000km, 2500km, 3,000km 까지 확대하여 주요 노선 68개를 1차 선정하였고, 항공자유화 협정이 체결되지 않아 인천공항의 허브화에 영향을 미칠 것으로 예상되는 노선 29개를 2차 선정하였다. 29개의 노선 중 인천공항의 2013년 여객실적과 운항편수가 높은 상위 15개 노선을 최종 선택하였다. 그 결과, 2,000km 이내 공항 중에서 김포공항의 신규노선으로 검토할 대상 공항으로는 대련, 심양, 연길, 장춘, 하얼빈, 항저우, 창사, 시안, 난징, 푸동, 울란바토르 등 11개 노선이 선정되었다. 김포공항으로부터의 반경 2,000km에서 2,500km 이내에서는 광저우와 선전 노선이, 반경 2,500km에서 3,000km 이내에서는 마닐라와 클라크필드 노선이 분석 대상으로 포함되었다. 기타 분석 노선으로 2013년 인천공항 여객운송실적을 기준으로 하여 수요가 높은 상위 4개 공항인 홍콩, 방콕, 나리타, 타이베이 노선을 선정하여 인천공항에 미치는 영향을 분석하였다.

따라서 총 19개의 노선에 대하여 인천공항의 허브화 약화 정도와 김포공항의 연결성 향상 정도를 분석하였다.

<표 17> 수도권공항 연결성 영향 분석 대상 노선

| 노선 | 공항코드 | 운항거리 (km) | 선정 이유 |
|---|---|---|---|
| 대련 | DLC | 472 | 김포공항으로부터 반경 2,000km 이내 노선 중 항공자유화가 체결되지 않은 노선 |
| 심양 | SHE | 544 | |
| 연길 | YNJ | 621 | |
| 장춘 | CGQ | 724 | |
| 하얼빈 | HRB | 933 | |
| 항저우 | HGH | 998 | |
| 창사 | CSX | 1,640 | |
| 시안 | XIY | 1,642 | |
| 난징 | NKG | 950 | |
| 푸동 | PVG | 845 | |
| 울란바토르 | ULN | 1,973 | |
| 광저우 | CAN | 2,042 | 김포공항으로부터 반경 2,000km~2,500km 이내 노선 중 항공자유화가 체결되지 않은 노선 |
| 선전 | SZX | 2,062 | |
| 마닐라 | MNL | 2,618 | 김포공항으로부터 반경 2,500km~3,000km 이내 노선 중 항공자유화가 체결되지 않은 노선 |
| 클라크필드 | CRK | 2,556 | |
| 홍콩 | HKG | 2,084 | 수요가 높은 노선 (2013년 인천공항 여객운송실적 기준) |
| 방콕 | BKK | 3,684 | |
| 나리타 | NRT | 1,231 | |
| 타이베이 | TPE | 1,479 | |

주: 운항거리는 IATA에서 제공하는 도시간 비행거리임.

## 2. 각 노선이 인천공항 연결성에 미치는 영향

선정된 각 대상 노선이 인천공항의 시간 연결성에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 각 노선의 편도 운항 중 1편을 김포공항으로 배분하였을 때 인천공항의 시간 연결성지수가 어느 정도 변하는지를 분석하였으며, 동일 방법으로 2편을 배분하였을 때와 3편을 배분하였을 때 인천공항에 미치는 영향을 분석하였다. 공간 연결성은 각 노선의 공간 연결성지수 값이 인천공항의 총 공간 연결성지

수 값에서 차지하는 비율로 변화를 분석하였다.

<표 18>은 분석 대상 노선을 김포공항으로 배분하였을 때, 인천공항 연결성에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

<표 18> 각 노선이 인천공항 연결성에 미치는 영향

| 노선 | 인천공항 시간 연결성에 미치는 영향 | | | 인천공항 공간 연결성에 미치는 영향 |
|---|---|---|---|---|
| | 1회 배분 | 2회 배분 | 3회 배분 | |
| 대련 | -0.05% | -0.2% | -0.3% | -1.7% |
| 심양 | -0.2% | -0.4% | -0.6% | -1.8% |
| 연길 | -0.1% | -0.3% | -0.4% | -1.8% |
| 장춘 | -0.1% | -0.3% | - | -1.8% |
| 하얼빈 | -0.3% | - | - | -1.7% |
| 항저우 | -0.2% | -0.5% | - | -0.8% |
| 창사 | -0.2% | - | - | -0.9% |
| 시안 | -0.1% | -0.3% | - | -0.9% |
| 난징 | -0.2% | -0.5% | - | -0.9% |
| 푸동 | -0.1% | -0.2% | -0.3% | -0.9% |
| 울란바토르 | -0.2% | - | - | -1% |
| 광저우 | -0.1% | -0.3% | -0.5% | -0.8% |
| 선전 | -0.1% | -0.4% | -0.7% | -0.8% |
| 마닐라 | -0.1% | -0.2% | -0.4% | -0.8% |
| 클라크 | -0.05% | - | - | -0.8% |
| 홍콩 | -0.04% | -0.2% | -0.3% | -0.8% |
| 방콕 | -0.1% | -0.2% | -0.5% | -0.8% |
| 나리타 | -0.1% | -0.2% | -0.5% | -1.4% |
| 타이베이 | -0.2% | -0.3% | -0.6% | -0.7% |

## 3. 각 노선이 김포공항 연결성에 미치는 영향

인천공항의 경우와 마찬가지로, 각 대상 노선의 편도운항 중 1편을 인천공항으로부터 배분받았을 때 김포공항의 시간 연결성 지수가 어느 정도 변화하는지를 분석하였고, 동일 방법으로 2편, 3편을 배분받았을 때 미치는 영향을 분석하였다. 공간 연결성은 각 노선이 추가되었을 때, 김포공항의 공간 연결성지수 증가율을 산출하였다.

<표 19> 각 노선이 김포공항 연결성에 미치는 영향

| 노선 | 김포공항 시간 연결성에 미치는 영향 | | | 김포공항 공간 연결성에 미치는 영향 |
|---|---|---|---|---|
| | 1회 배분 | 2회 배분 | 3회 배분 | |
| 대련 | +2% | +9% | +16% | +28% |
| 심양 | +8% | +17% | +26% | +32% |
| 연길 | +6% | +13% | 20% | +16% |
| 장춘 | +5% | +14% | - | +30% |
| 하얼빈 | +14% | - | - | +28% |
| 항저우 | +9% | +22% | - | +16% |
| 창사 | +8% | - | - | +19% |
| 시안 | +6% | +15% | - | +22% |
| 난징 | +9% | +21% | - | +19% |
| 푸동 | +3% | +7% | +13% | +14% |
| 울란바토르 | +8% | - | - | +31% |
| 광저우 | +7% | +15% | +24% | +18% |
| 선전 | +6% | +16% | +34% | +17% |
| 마닐라 | +3% | +9% | +17% | +16% |
| 클라크 | +2% | - | - | +16% |
| 홍콩 | +2% | +7% | +13% | +17% |
| 방콕 | +3% | +10% | +20% | +23% |
| 나리타 | +5% | +10% | +21% | +18% |
| 타이베이 | +7% | +15% | +30% | +11% |

## 4. 분석 결과

분석 대상 공항은 항공자유화 협정이 체결되지 않은 지역에 위치한 공항 중, 김포공항의 국제선 전세편 운영규정이 현 수준인 2,000km 이내를 유지하는 경우와 반경 2,500km, 3,000km까지 확대될 경우, 인천공항 허브화 전략에 영향을 미칠 것으로 예상되는 19개 공항으로 선정하였다. 인천공항이 취항하는 일부 노선을 김포공항에 배분하는 경우, 인천공항 시간 연결성에 미치는 영향은 0.04%~0.3% 수준으로 매우 미미한 수준이다. 특히, 취항 편수가 많은 노선의 경우, 1편 배분 시 시간 연결성에 미치는 영향은 0.1% 미만인 것으로 나타났다. 인천공항 공간 연결성에 미치는 영향은 0.7%~1.8% 수준으로 역시 미미한 수준이다. 이는 분석 대상 노선이 인천공항의 허브화 효과에 미치는 영향이 크지 않다는 것을 의미한다. 반면, 김포공항의 시간 연결성은 평균 6%, 공간 연결성은 평균 20%가 향상될 수 있는 것으로 나타났다.

<표 20> 수도권공항 연결성지수 변화

| 인천공항 연결성지수 변화(평균) | | 김포공항 연결성지수 변화(평균) | |
|---|---|---|---|
| -0.13% | -1.12% | 6% | 20% |

본 연구는 수도권 공항을 효율적으로 운영할 수 있는 방안으로 공항 연결성 모형을 활용한 양 공항의 슬롯 조정을 제안하는 데 그 목적이 있다. 본 연구의 분석 결과를 활용한다면 인천공항의 허브화에 미치는 영향은 적으면서 김포공항의 국제선 여객 수요 증대 효과를 향상시킬 수 있는 전략 노선 선택이 가능하며, 이를 통해 김포공항 국제선 증편/증설에 따른 인천공항의 부정적 영향을 최소화 할 수 있다.

<표 21> 인천공항 노선의 김포공항 배분 시 공항 별 연결성 영향 분석

| 구분 | | 인천공항 연결성 지수 영향 | | 김포공항 연결성 지수 영향 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 반경 (km) | 대상 노선 | 시간 연결성지수 | 공간 연결성지수 | 시간 연결성지수 | 공간 연결성지수 |
| 2,000km 이하 노선 | 대련 | -0.05% | -1.7% | +2% | +28% |
| | 심양 | -0.2% | -1.8% | +8% | +32% |
| | 연길 | -0.1% | -1.8% | +6% | +16% |
| | 장춘 | -0.1% | -1.8% | +5% | +30% |
| | 하얼빈 | -0.3% | -1.7% | +14% | +28% |
| | 항저우 | -0.2% | -0.8% | +9% | +16% |
| | 창사 | -0.2% | -0.9% | +8% | +19% |
| | 시안 | -0.1% | -0.9% | +6% | +22% |
| | 난징 | -0.2% | -0.9% | +9% | +19% |
| | 상하이(푸동) | -0.1% | -0.9% | +3% | +14% |
| | 울란바토르 | -0.2% | -1.0% | +8% | +31% |
| | 나리타 | -0.1% | -0.8% | +7% | +18% |
| | 타이베이 | -0.1% | -0.8% | +3% | +16% |
| 2,000km ~ 2,500km | 광저우 | -0.05% | -0.8% | +2% | +16% |
| | 선전 | -0.04% | -0.8% | +2% | +17% |
| | 홍콩 | -0.1% | -0.8% | +3% | +23% |
| 2,500km ~ 3,000km | 마닐라 | -0.1% | -1.4% | +5% | +18% |
| | 클라크필드 | -0.1% | -1.3% | +5% | +15% |
| 3,000km 초과 노선 | 방콕 | -0.2% | -0.7% | +7% | +11% |

# 제 5 장 결론

## 제 1 절 연구요약 및 시사점

인천공항은 현재 여객 증가가 지속되어 시설포화 상태에 직면했다. 김포공항의 경우 인천공항 개항 이후, 국제선 기능의 이관으로 대규모 시설 유휴화가 발생하였다. 인천공항의 혼잡 심화가 예상되면서 국제선 노선을 배분을 통한 수도권 공항의 슬롯 조정의 필요성이 높아지고 있다. 최근 동북아 항공시장의 중요성과 비즈니스 활동에 따른 시간단축 요구가 높아지면서 우리나라 정부에서도 이러한 요구에 따라 「김포공항 국제선 전세편 운영규정」을 제정하여 김포공항에 국제선 전세편 운영을 제한적으로 허용하고 있다. 하지만 최근 중국의 경제성장에 따른 항공 산업의 발전과 항공자유화의 확대, 15,000km 이상의 거리를 직항할 수 있는 신 항공기의 등장, 그리고 LCC 시장의 확대 등의 환경변화로 인하여 세계 허브공항 정책이 변화하고 있는 추세이다.

인천공항과 김포공항은 동일공역을 사용하고 있지만 피크 시간대가 서로 상이하고, 인천공항에 비해 김포공항의 슬롯에 여유가 많은 상황이다. 따라서 인천공항의 수요 중 김포공항에 일부 노선을 배정할 경우, 인천공항의 슬롯에 여유를 확보할 수 있고 김포공항의 국제선 항공 수요의 증가에 긍정적인 기여를 할 것으로 예상된다. 또한 인천공항을 이용하던 국제선 이용자들이 접근성이 상대적으로 우수한 김포공항을 이용할 경우 접근성 향상에 의한 사회적인 편익 또한 발생하게 된다. 이와 같은 이유로 수도권 공항의 효율적인 운영을 위하여 공항 연결성 분석을 이용한 슬롯 조정 방안을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

수도권 공항의 연결성 분석 결과, 인천공항의 시간 연결성지수는 총 4,015, 공간 연결성지수는 총 12,593인 것으로 나타났다. 6개의 국제선 노선만을 취항하고 있는 김포공항의 경우, 시간 연결성지수는 총 269, 공간 연결성지수는 총 13으로 분석되었다.

인천공항과 김포공항의 슬롯 조정에 따라 양 공항에 미치는 영향을 파악하고자, 총 19개의 분석 대상 노선을 선정하여 각 노선에 대한 수도권 양 공항의 연

결성 지수 변화를 분석하였다. 분석 결과, 인천공항의 시간 연결성에 미치는 영향은 0.04%~0.3% 수준으로 매우 미미한 수준이었다. 특히, 취항 편수가 많은 노선의 경우, 1편 배분 시 시간 연결성에 미치는 영향은 0.1% 미만의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 공간 연결성에 미치는 영향 또한 0.7%~1.8% 수준으로 미미한 수준이었다. 이것은 분석 대상 노선이 인천공항의 허브화 효과에 미치는 영향이 크지 않음을 의미한다. 김포공항은 인천공항으로부터 대상 노선을 배분받을 경우 시간 연결성은 평균 6% 향상되며, 공간 연결성은 평균 20% 향상될 수 있을 것으로 나타났다.

향후, 본 연구 결과를 활용한다면 시간 및 공간 연결성 측면에서 인천공항의 허브화에 미치는 영향은 적으며 김포공항의 국제선 여객 수요를 증대시킬 수 있는 전략 노선을 선택할 수 있다. 김포공항의 시간 및 공간 연결성이 향상될 경우 장기적으로 국가 연결성 증가 및 신규 수요 창출 효과를 기대할 수 있다. 또한 인천공항의 피크 시간대와 김포공항의 피크 시간대가 서로 겹치지 않기 때문에, 인천공항 피크 시간대에 운항하는 노선 중 허브화에 미치는 영향이 적은 노선 일부를 김포공항에 배분하여 인천공항의 피크 시간대 수요 부담을 완화할 수 있다. 이는 수도권 공역의 피크 시간대 부담을 완화함으로써 수도권 공역의 효율적 활용이 가능하고, 추가적인 국제선 수요 창출 등 수도권 양 공항에 모두 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대된다.

## 제 2 절 연구의 한계점 및 향후 연구 방향

본 연구의 한계점 및 향후 연구의 방향은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 수도권 공항의 효율적 운영을 위하여 공항의 네트워크 측면에서 양 공항의 슬롯을 조정하는 방안을 제시하였다. 슬롯 조정에 따라 양 공항에 미치는 영향을 파악하기 위하여 분석 대상 노선을 선정하여 각 노선에 대한 공항의 연결성 변화를 분석하였다. 분석 대상 노선들은 항공자유화 체결 여부만을 고려하여 선정되었다. 향후에는 항공사 수익구조 향상 효과, 또는 비행시간 대비 접근시간 비율 등 다각적인 측면에서 대상 노선을 분석하여 보다 전략적인 노선이 선택될 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

둘째, 김포공항의 국제선 여객 처리가 높아질 때 발생하는 사회적 편익이나 소비자 부담 변화에 대한 연구를 통해 타당성을 제시한다면 더욱 훌륭한 연구가 될 것이라 생각한다. 인천공항은 김포공항에 비해 도심과의 거리가 비교적 멀기 때문에 노선 배분에 따른 사회적 편익이 발생할 것이다. 통행시간 절감편익, 통행비용 절감편익, 교통사고 비용 절감편익, 환경비용 절감편익 등의 편익항목을 선정할 수 있다. 편익항목에 대한 1인당 사회적 편익 원단위를 산출하여 인천공항을 이용하는 국제선 여객 1인이 김포공항을 이용할 경우 발생되는 편익을 예상할 수 있다. 사회적 편익과 함께 실제 이용객들이 공항에 접근할 때 지출하는 소비자 부담비용을 산출하여 김포공항으로의 인천공항 국제선 배분이 타당함을 제시할 수 있다.

셋째, 인천공항에 도착하는 하나의 항공편에는 인천공항이 최종 목적지인 승객들도 있지만 다양한 최종 목적지를 가진 승객들이 함께 인천공항으로 들어온다. 그들은 허브공항으로서 연결편이 많은 인천공항을 선택하였는데, 해당 노선이 김포공항으로 배분될 경우 국제선 취항 노선이 제한적인 김포공항을 이용할 가치는 줄어들게 된다. 이 부분에 대하여 새로운 방안이나 대책을 제시하는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

# 참고문헌


국토교통부(2013), “공정한 Slot 운영을 위한 정보제공화 ICAO 가이드라인 제정 제안”, ICAO 전략의제 대응연구.

국토해양부(2010), “제4차 공항개발 중장기 종합계획 수립”

김기웅, 김종화, 장지승(2011), “세계 복수공항시스템 운영 분석과 한국의 복수공항운영 시스템 발전방향에 관한 연구”, 항공진흥, 제56호, pp.131-156.

김수곤, 허희영, 이윤철(2000), “허브공항 경쟁우위 확보를 위한 핵심역량 연구”, 경영연구, 제7권 제2호, pp.45-58.

김제철, 김연명, 김민정, 박진서(2006), “항공부문 중장기 발전 전략 수립 연구”, 한국교통연구원.

박노경(2007), “인천허브공항의 공간적 네트워크 집중도 측정”, 물류연구회, 제17권 제2호, pp.61-83.

박용화, 김성영, 김종엽(2006), “허브공항의 환승연계성 분석연구”, 대한교통학회지, 제24권 제6호, pp.75-85.

오성열(2011), “공항네트워크 중심성 연구”, 인하대학교 물류전문대학원 박사학위논문.

오성열, 박용화(2010), “아시아 주요국가의 공항네트워크 구조 및 집중도 분석”, 한국항공경영학회지, 제8권 제2호, pp.43-58.

오성열, 박용화, 윤신(2009), “공항 네트워크의 특성 분석-한중일 항공시장 통합을 전제로”, 대한교통학회지, 제27권 제5호.

이상용, 유광의, 박용화(2009), “공항의 허브화 평가를 위한 연속연결성지수모형 개발”, 대한교통학회지, 제27권 제5호, pp.195-206.

이영혁, 김은정, 김도현(2004), “DEA 분석에 의한 아시아 공항 운영 효율성 연구”, 대한교통학회지, 제22권 제4호.

허종, 하헌구(1998), “항공운송시장의 경쟁과 슬롯배분문제”, 항공산업연구.

Adler, N., Xiaowen Fu, Tae H. Oum, Chunyan Yu(2014), “Air Transport Liberalization and Airport Slot Allocation: The case of the Northeast Asian

Transport Market", Transport Research, Part A 62, pp.3-19.

Bruechner, Jan Keith(2008), "Slot-based Approaches to Airport Congestion Management", CESifo working paper, No.2302.

Burghouwt, G., Jaap de Wit(2005), "Temporal Configurations of European Airline Networks", Journal of Air Transport Management, 11, pp.185-198.

Burghouwt, G., Redondi R.(2013), "Connectivity in Air Transport Networks", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 47, Part 1, pp.35-53.

Bagler, G.(2008), "Analysis of the Airport Network of India as a Complex Weighted Network", Physica A 387, pp.2972-2980.

Condorelli, D.(2007), "Efficient and Equitable Airport Slot Allocation", University College London.

Danesi, A.(2006), "Measuring Airline Hub Timetable Co-ordination and Connectivity Definition of a New Index and Application to a Sample of European Hubs", European Transport, pp.54-74.

Dennis, N.(1994), "Airline Hub Operations in Europe", Journal of transport Geography 2, pp.219-233.

Dennis, N. P.(2001), "Developments of Hubbing at European Airports", Air and Space Europe 3, pp.51-55.

Doganis N., Dennis N.(2000), "Airline Franchising in Europe: Benefits and Disbenefits to Airlines and Consumers", Journal of Air Transport Management 6, pp.179-190.

Doganis, R., Dennis, N.(1989), "Lessons in Hubbing", Airline Business, pp.42-47.

Hideki Fukui(2010), "An Empirical analysis of Airport Slot Trading in the United States", Transportation Research Part B 44, pp.330-357.

Konstantinos G. Zografos, Yiannis Salouras, Michael A. Madas(2012), "Dealing with the Efficient Allocation of Scarce Resources at Congested Airports", Transportation Research Part C 21, pp.244-256.

Matthews, B., Menaz, B.(2003), "Airport Capacity: The Problem of Slot

Allocation”, University of Leeds.

Mehndiratta, S., Kiefer, M.(2003), “Impact of Slot Controls with a Market-based Allocation Mechanism at San Francisco International Airport”, Transportation Research Part A 37, pp.555-578.

Michael A. Madas, Konstantinos G. Zografos(2010), “Airport Slot Allocation: A Time for Change?”, Transport Policy 17, pp.274-285.

Michael A. Madas, Konstantinos G. Zografos(2006), “Airport Slot Allocation: From Instruments to Strategies”, Journal of Air Transport Management 12, pp.53-62.

Pellegrini, P., Castelli, L., Pesenti, R.(2012), “Secondary trading of Airport Slots as a Combinatorial Exchange”, Transportation Research Part E 48, pp.1009-1022.

Peng Wei(2013), “Maximizing Algebraic Connectivity in Air Transportation Networks”, Purdue University.

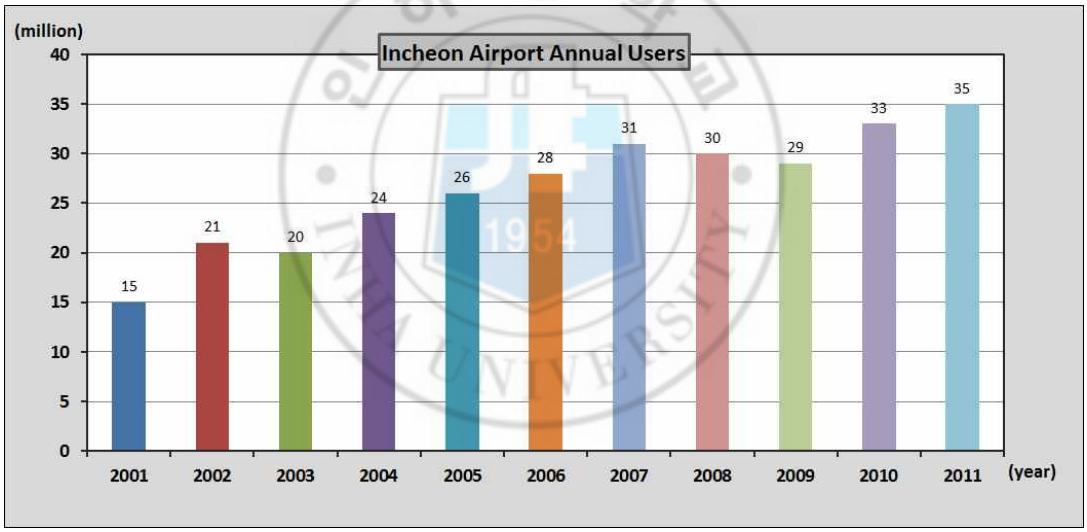
Ruwantissa I.R. Abeyratne(2000), “Management of Airport Congestion through Slot Allocation”, Journal of Air Transport Management 6, pp.29-41.

W. Li, X. Cai(2004), “Statistical Analysis of Airport Network of China”, Physical Review, E 69, pp.1-6.

Wenbin Wei, Mark Hansen(2006), “An Aggregate Demand Model for Air Passenger Traffic in the Hub-and-Spoke Network”, Transportation Research Part A 40, pp.841-851.

# Ⅰ. Introduction

Incheon airport has virtual monopoly on international passenger and cargo transportation on Korea. The number of passengers who use Incheon airport is constantly increasing, and annual users were near 44 millions, its maximum user capacity last year, 2013. The number of passengers from January to October this year amounts to 37,894,518, an increase of 9%. This current situation of airport facility saturation is expected to last through the completion of Incheon Airport The 3rd Phase Construction. As a result, people are growing more and more interested in demand decentralization of international flight.




[Figure 1] Incheon Airport Annual Users

Gimpo airport on the other hand has problem about idleness of facilities because its international flights were transferred to Incheon airport after its opening on 2001. Gimpo airport now expand its principal features as an airport by remodeling of domestic terminal and utilization of international terminal. As global air transportation environment is changing to the spread of the open=sky policy, rapid growth of low cost carrier, and development of China

aviation industry, the policy of hup airport around the world has been changed.

If we operate metropolitan airports more efficient reflecting current situation, we can make a very positive contribution to air transport market extension. Especially, air transport demand increase and air transport market improvement caused by effect from ASEAN open-sky and Korea-China-Japan economic cooperation are expected.

This study attempts to propose slot operation as the efficient management of metropolitan airports by using airport connectivity analysis to reflect the interior and exterior environment changes.

Firstly, we analyze the connectivity of Incheon and Gimpo airports for a week from September 23, 2013 to September 30, 2013 using Continuous Indirect Connectivity Index(CICI), an instrument for measuring the airport network. Secondly, we select 20 analysis target routes among all international routes of Incheon airport, and finally analyze how each route impacts with the both airports' connectivity index when that route is distributed to Gimpo airport.

# Ⅱ. Literature Review

## 1. Airport Connectivity

In order to measure airline hub temporal co-ordination, Doganis and Dennis(1989) proposed the so-called "connectivity ratio(CR)", an index that shows the degree to which airline hub connections are more than just purely random. According to the definition given by them, a viable connection is any flight departure, which respects both the minimum connect time(MCT) and the maximum acceptable connect time(MACT) after each arriving flight at the hub. They suggested MCT=45' and MACT=90'. The main advantage of the

connectivity ratio was that it was very easy to be calculated. On the other hand, a major disadvantage was that all viable connections were considered equal. The authors distinguished only between viable and non viable connections and the problem of evaluating the quality of hub connections was not investigated.

Burghouwt and De Wit(2005) suggested to measure airline hub connectivity using an approach that combined the methodologies. In order to measure hub connectivity, they investigated both the quantity and the quality, in terms of passenger attractivity, of indirect flight connections. For the evaluation of hub connectivity, they suggested to determine the quality levels of connections, focusing on the role which is played by the perceived transfer time and in-flight time compared to the direct flight option. The authors did not simply distinguish between viable and non viable connections: they proposed to calculated the so-called "weighted indirect connection number(WNX)", as a global measure of airline hub connectivity. With regard to maximum available connect times, they suggested to respect the thresholds proposed by Bootsma(1997) for connections with a poor quality level: MACT=180', in case of connections between two continental flights, MACT=300', in case of connections between one continental flight and one intercontinental flight, and MACT=720', in case of connections between two intercontinental flights.

Sang-Yong Lee(2009) suggested a new index, "continuous indirect connectivity index(CICI)" supplemented connectivity ratio and weighted indirect connection number. It was for measuring the coordination of airlines' flight schedules, applying it to the Asian, European and the American aviation markets. CICI consisted of three components: (ⅰ) temporal connectivity to identify the attractiveness between connection flights, (ⅱ) spatial connectivity to differentiate the attractiveness by de-routing distance with continuous linear function, and (ⅲ) relative intensity to reflect the effect of direct flight frequency on transfer routes. With regard to connect time, he suggested that it is applied by flight time, not by continental flight: MCT=45', MACT=180', in

case of connections between two flights under 8 hours, MCT=60‘, MACT=840‘, in case of connections between one flight under 8 hours and one flight over 8 hours, and MCT=60‘, MACT=840‘, in case of connections between two flights over 8 hours.

On this study, we referred and used “temporal connectivity index(TCI)” and “spatial connectivity index(SCI)” among continuous indirect connectivity indexes to analyze the connectivity of Incheon and Gimpo airport. The connection time was applied by 8 hours flight time and adjusted from advanced research: MCT=45‘, MACT=180‘, in case of connections between two flights under 8 hours, MCT=60‘, MACT=720‘, in case of connections between one flight under 8 hours and one flight over 8 hours, and MCT=60‘, MACT=720‘, in case of connections between two flights over 8 hours.

## 2. Airport Slot Operation and Route Allocation

Jong Hur and Hun-gu Ha(1998) emphasized that market-dominant slot allocation system is essential for improving air transport market effectiveness. They suggested that more researches and discussions are needed for slot allocation and redistribution systems that are appropriate current situation.

Zografos et al.(2012) mentioned the gap between airport capacity and traffic is expanding caused by inefficiency and misuse of airport slot based on existing allocation system. They proposed optimization model for slot operation and evaluated and compared three Greek airports. As a result, they obtained the effect of slot operation from 14% to maximum 95%.

Adler et al(2014) analyzed the effect of air liberalization, open sky policy, and airport slot operation on aviation market through the case of Northeast Asia transport market. With the result of their study that air liberalization and open sky policy had a positive effect such as increased competition and low transport fee on both consumers and aviation industry and that airport slot operation played an important role on getting potential welfare benefits

associated with liberalization, they suggested liberalization and slot operation should be enforced together.

There are very few concrete studies on slot operation or route allocation for multi-airports. This study is all the more meaningful in that it proposes slot operation plan for efficient management of metropolitan airports based on airport connectivity analysis.

# Ⅲ. Research Model

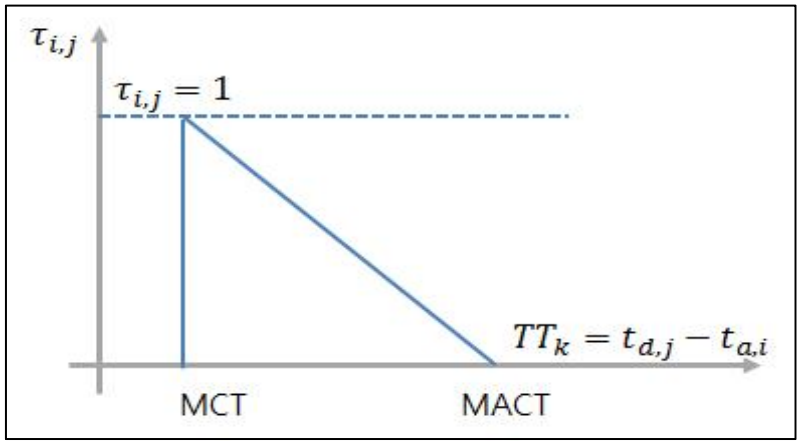
The models for using on analysis of this study are temporal connectivity index(TCI) and spatial connectivity index(SCI).

## 1. Temporal Connectivity Index(TCI)

Temporal connectivity index showed up first time in the study of Dog anis(1989). It indicates how many flights for transfer between minimum connect time and maximum available connect time after a flight arrived. Formula of the model is as below.

$$TCI(\tau_{i,j}) = \begin{cases} \dfrac{-(TT_{i,j} - MACT_{i,j})}{MACT_{i,j} - MCT_{i,j}} & , MCT_{i,j} \le TT_{i,j} \le MACT_{i,j} \\ 0 & , TT_{i,j} \ge MACT_{i,j} \end{cases}$$

$TT_k = t_{d,j} - t_{a,i}$ , $k = (i, j)$ indicated the time difference between arrival flight time and departure flight time after arrival.




[Figure 2] Temporal Connectivity Index(TCI)

The bigger the value of TCI, the more the number of route available for transfer in a short time. It is said an airport that has high TCI plays big role as hub airport.

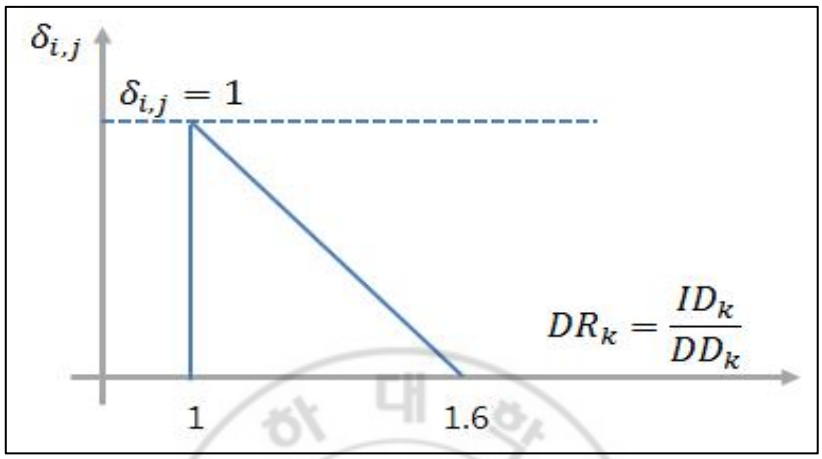
## 2. Spatial Connectivity Index(SCI)

spatial connectivity index(SCI) is an index that means ratio of total flying distance with transfer at certain airport and non-stop flying distance. In other words, it indicates how long the total flying distance with transfer between departure airport and arrival airport compared with the non-stop distance.

In this study, we set DR(so-called "de-routing index") 1~1.6 based on advanced researches. The bigger the SCI of an airport for transfer, the smaller the difference between total distance with transfer and non-stop distance and the higher the degree of hub for that airport. Formula of the model is as below.

$$SCI(\delta_{i,j}) = \begin{cases} \dfrac{-(DR_{i,j} - 1.6)}{0.6} & , \ 1 \le DR_{i,j} \le 1.6 \\ 0 & , \ DR_{i,j} > 1.6 \ (DR_{i,j} = ID_{i,j} / DD_{i,j}) \end{cases}$$

$ID_{i,j}$ is so-called the sum of the great circle distances corresponding to the point of destination and origin of flight and $DD_{i,j}$ the great circle distance between the point of origin and the destination of flight.




[Figure 3] Spatial Connectivity Index(SCI)

# Ⅳ. Airport Connectivity Analysis

## 1. Method of Airport Connectivity Analysis

Metropolitan airports network analysis is summarized in four steps as <Table 1>. We used data from IATA for analysis and that was airport schedule for a week from September 23, 2013 to September 30, 2013.

<Table 1> Metropolitan Airports Connectivity Analysis Steps

| Step | Connectivity Index | Model / Condition | Contents |
|---|---|---|---|
| Step 1 | Continuous Indirect Connectivity Index (CICI) | $\sum_i \sum_j mi,j$ | set up model |
| Step 2 | [Step 1] + MCT, MACT adjustment | · connections between two flights under 8 hours (MCT=45', MACT=180')<br>· connections between two flights over 8 hours (MCT=60', MACT=720') | adjust MCT and MACT by flight time |
| Step 3 | [Step 1, 2] + Temporal Connectivity Index (TCI) | $\tau_{i,j} = \frac{-(TT_{i,j} - MACT_{i,j})}{MACT_{i,j} - MCT_{i,j}}$ | calculate connectivity index for each route of airports |
| Step 4 | [Step 1, 2, 3] + Spatial Connectivity Index(SCI) | $\delta_{i,j} = \frac{-(DR_{i,j} - 1.6)}{0.6}$ | |

## 2. Gimpo Airport Connectivity Analysis

Total temporal connectivity index of Gimpo airport was 269, and total spatial connectivity index was 13.

Regular international routes on Gimpo airport are only six and those are Haneda, Shanghai Hongqiao, Nagoya, Beijing, and Taipei Songshan. Six routes are all under 8 hours flight distance from Gimpo, thus there are no available route for analysis on connection over 8 hours flight distance.

<Table 2> TCI and SCI of Gimpo Airport

| Connection Type | $MCT_{i,j}$ (minutes) | $MACT_{i,j}$ (minutes) | TCI | SCI |
|---|---|---|---|---|
| · under 8 hours flight distance ⇔ under 8 hours flight distance | 45 | 180 | 269 | 13 |
| | Total | | 269 | 13 |

## 3. Incheon Airport Connectivity Analysis

Total temporal connectivity index of Incheon airport was 12,593, and total spatial connectivity index was 4.015.

Connection type which influenced Incheon airport connectivity index most was short distance connection type.

<Table 3> Incheon airport TCI by flight time

| Connection Type | $MCT_{i,j}$ (minutes) | $MACT_{i,j}$ (minutes) | TCI |
|---|---|---|---|
| · under 8 hours flight distance ⇔ under 8 hours flight distance | 45 | 180 | 5,262 (41%) |
| · over 8 hours flight distance ⇔ under 8 hours flight distance | 60 | 720 | 3,808 (31%) |
| · under 8 hours flight distance ⇔ over 8 hours flight distance | | | 2,916 (23%) |
| · over 8 hours flight distance ⇔ over 8 hours flight distance | 60 | 720 | 607 ( 5%) |
| Total | | | 12,593 (100%) |

<Table 4> Incheon airport SCI by flight time

| Connection Type | SCI |
|---|---|
| · under 8 hours flight distance ⇔ under 8 hours flight distance | 1,898(47%) |
| · over 8 hours flight distance ⇔ under 8 hours flight distance | 815(20%) |
| · under 8 hours flight distance ⇔ over 8 hours flight distance | 1,182(34%) |
| · over 8 hours flight distance ⇔ over 8 hours flight distance | 120( 3%) |
| Total | 4,015(100%) |

# Ⅴ. Effect of Route Allocation on Metropolitan Airports Connectivity

## 1. Current Slot Operation of Metropolitan Airports

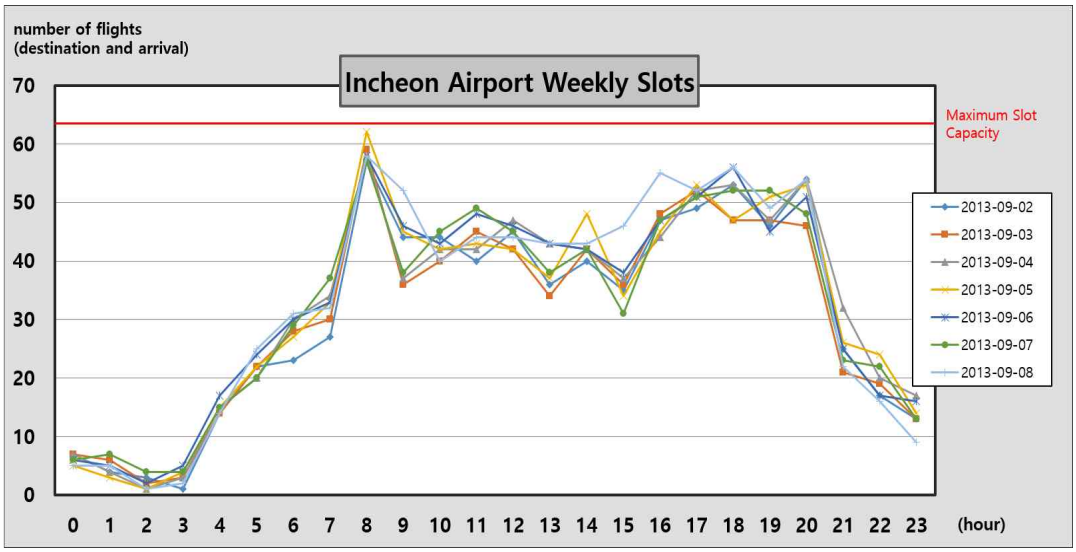
Incheon and Gimpo airports use same airspace. Available capacity for civil on Seoul controlled airspace is restricted to 104 flights an hour.

Maximum slot capacity of Incheon and Gimpo airport coordinated by schedule conference, the best legislative organ for Korea slot operation, are 63 times and 41 times an hour.

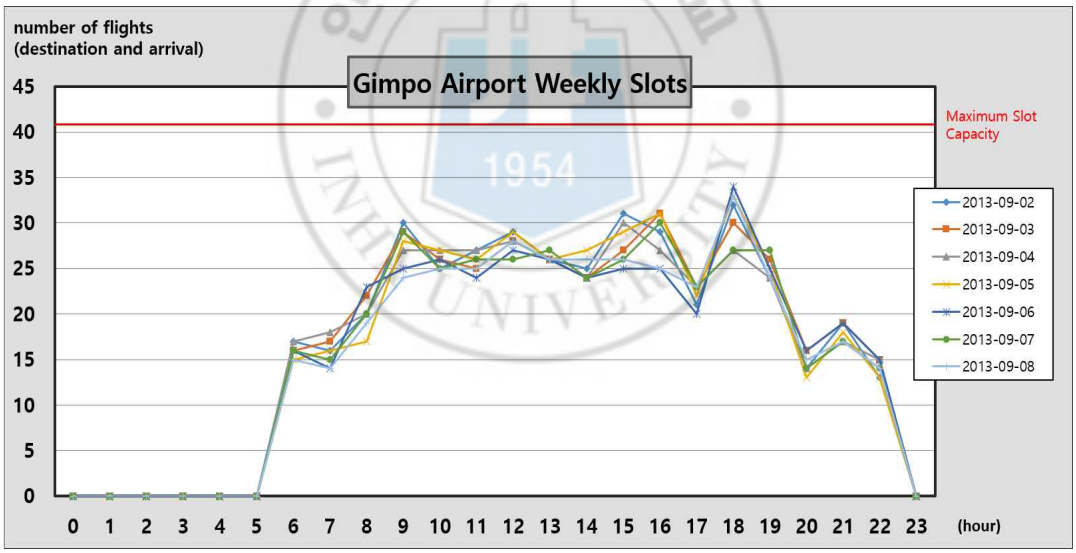
[Figure 4] and [Figure 5], <Table 5> ~ <Table 8> showed Incheon and Gimpo airport slots for first week of September, 2013.

Peck time of Incheon and Gimpo airport are different and relatively Gimpo airport has more slots, thus if some routes of Incheon are distributed to Gimpo Incheon can secure slots on its peck time. In the long term, we can utilize limited airspace more efficient and respond to growing demand.

Therefore, we attempts to seek efficient ways to manage limited slots on multi-airports system based on airport connectivity analysis.




[Figure 4] Incheon Airport Weekly Slots




[Figure 5] Gimpo Airport Weekly Slots

<Table 5> Incheon Airport Weekly Slot (Monday ~ Wednesday)

| Time | 2013-09-02(월) | | | 2013-09-03(화) | | | 2013-09-04(수) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 4 | 3 | 7 | 3 | 4 | 7 | 4 | 3 | 7 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 4 | 4 | 1 | 5 | 6 | 0 | 4 | 4 |
| 02:00 ~ 02:59 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 03:00 ~ 03:59 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 |
| 04:00 ~ 04:59 | 12 | 2 | 14 | 12 | 2 | 14 | 12 | 3 | 15 |
| 05:00 ~ 05:59 | 21 | 1 | 22 | 21 | 1 | 22 | 20 | 0 | 20 |
| 06:00 ~ 06:59 | 21 | 2 | 23 | 24 | 4 | 28 | 27 | 3 | 30 |
| 07:00 ~ 07:59 | 19 | 8 | 27 | 20 | 10 | 30 | 23 | 11 | 34 |
| 08:00 ~ 08:59 | 21 | 36 | 57 | 23 | 36 | 59 | 19 | 39 | 58 |
| 09:00 ~ 09:59 | 12 | 32 | 44 | 6 | 30 | 36 | 6 | 31 | 37 |
| 10:00 ~ 10:59 | 13 | 31 | 44 | 10 | 30 | 40 | 12 | 30 | 42 |
| 11:00 ~ 11:59 | 26 | 14 | 40 | 30 | 15 | 45 | 27 | 15 | 42 |
| 12:00 ~ 12:59 | 22 | 23 | 45 | 16 | 26 | 42 | 21 | 26 | 47 |
| 13:00 ~ 13:59 | 16 | 20 | 36 | 13 | 21 | 34 | 18 | 25 | 43 |
| 14:00 ~ 14:59 | 20 | 20 | 40 | 21 | 21 | 42 | 23 | 19 | 42 |
| 15:00 ~ 15:59 | 21 | 14 | 35 | 23 | 13 | 36 | 24 | 13 | 37 |
| 16:00 ~ 16:59 | 33 | 14 | 47 | 32 | 16 | 48 | 26 | 18 | 44 |
| 17:00 ~ 17:59 | 33 | 16 | 49 | 35 | 17 | 52 | 35 | 17 | 52 |
| 18:00 ~ 18:59 | 23 | 30 | 53 | 23 | 24 | 47 | 25 | 28 | 53 |
| 19:00 ~ 19:59 | 15 | 31 | 46 | 15 | 32 | 47 | 15 | 32 | 47 |
| 20:00 ~ 20:59 | 23 | 31 | 54 | 19 | 27 | 46 | 27 | 27 | 54 |
| 21:00 ~ 21:59 | 7 | 18 | 25 | 7 | 14 | 21 | 10 | 22 | 32 |
| 22:00 ~ 22:59 | 7 | 10 | 17 | 7 | 12 | 19 | 7 | 13 | 20 |
| 23:00 ~ 23:59 | 2 | 11 | 13 | 2 | 11 | 13 | 2 | 15 | 17 |
| Total | 374 | 372 | 746 | 367 | 372 | 739 | 386 | 395 | 781 |

<Table 6> Incheon Airport Weekly Slot (Thursday ~ Sunday)

| Time | 2013-09-05 | | | 2013-09-06 | | | 2013-09-07 | | | 2013-09-08 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 3 | 2 | 5 | 3 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 | 2 | 3 | 5 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 3 | 3 | 0 | 5 | 5 | 3 | 4 | 7 | 1 | 4 | 5 |
| 02:00 ~ 02:59 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| 03:00 ~ 03:59 | 3 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 |
| 04:00 ~ 04:59 | 13 | 2 | 15 | 14 | 3 | 17 | 13 | 2 | 15 | 14 | 0 | 14 |
| 05:00 ~ 05:59 | 22 | 0 | 22 | 24 | 0 | 24 | 19 | 1 | 20 | 25 | 0 | 25 |
| 06:00 ~ 06:59 | 24 | 3 | 27 | 27 | 3 | 30 | 27 | 2 | 29 | 27 | 4 | 31 |
| 07:00 ~ 07:59 | 23 | 10 | 33 | 22 | 11 | 33 | 24 | 13 | 37 | 22 | 10 | 32 |
| 08:00 ~ 08:59 | 23 | 39 | 62 | 21 | 37 | 58 | 20 | 37 | 57 | 19 | 39 | 58 |
| 09:00 ~ 09:59 | 11 | 34 | 45 | 11 | 35 | 46 | 7 | 31 | 38 | 14 | 38 | 52 |
| 10:00 ~ 10:59 | 11 | 31 | 42 | 11 | 32 | 43 | 12 | 33 | 45 | 9 | 31 | 40 |
| 11:00 ~ 11:59 | 28 | 15 | 43 | 30 | 18 | 48 | 32 | 17 | 49 | 29 | 15 | 44 |
| 12:00 ~ 12:59 | 19 | 23 | 42 | 23 | 23 | 46 | 21 | 24 | 45 | 17 | 27 | 44 |
| 13:00 ~ 13:59 | 15 | 22 | 37 | 19 | 24 | 43 | 15 | 23 | 38 | 21 | 22 | 43 |
| 14:00 ~ 14:59 | 26 | 22 | 48 | 20 | 22 | 42 | 22 | 20 | 42 | 23 | 20 | 43 |
| 15:00 ~ 15:59 | 21 | 13 | 34 | 25 | 13 | 38 | 20 | 11 | 31 | 28 | 18 | 46 |
| 16:00 ~ 16:59 | 31 | 14 | 45 | 29 | 18 | 47 | 29 | 18 | 47 | 33 | 22 | 55 |
| 17:00 ~ 17:59 | 35 | 18 | 53 | 34 | 17 | 51 | 37 | 14 | 51 | 34 | 18 | 52 |
| 18:00 ~ 18:59 | 21 | 26 | 47 | 28 | 28 | 56 | 25 | 27 | 52 | 27 | 29 | 56 |
| 19:00 ~ 19:59 | 18 | 33 | 51 | 13 | 32 | 45 | 17 | 35 | 52 | 15 | 34 | 49 |
| 20:00 ~ 20:59 | 24 | 29 | 53 | 22 | 29 | 51 | 17 | 31 | 48 | 27 | 27 | 54 |
| 21:00 ~ 21:59 | 9 | 17 | 26 | 8 | 17 | 25 | 9 | 14 | 23 | 9 | 13 | 22 |
| 22:00 ~ 22:59 | 9 | 15 | 24 | 8 | 9 | 17 | 10 | 12 | 22 | 10 | 6 | 16 |
| 23:00 ~ 23:59 | 1 | 13 | 14 | 0 | 16 | 16 | 2 | 11 | 13 | 0 | 9 | 9 |
| Total | 390 | 386 | 776 | 396 | 398 | 794 | 386 | 389 | 775 | 407 | 391 | 798 |

<Table 7> Gimpo Airport Weekly Slot (Monday ~ Wednesday)

| Time | 2013-09-02 | | | 2013-09-03 | | | 2013-09-04 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 ~ 02:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 ~ 03:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 ~ 04:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 ~ 05:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 ~ 06:59 | 0 | 17 | 17 | 0 | 16 | 16 | 0 | 17 | 17 |
| 07:00 ~ 07:59 | 3 | 13 | 16 | 3 | 14 | 17 | 3 | 15 | 18 |
| 08:00 ~ 08:59 | 6 | 14 | 20 | 7 | 15 | 22 | 5 | 15 | 20 |
| 09:00 ~ 09:59 | 17 | 13 | 30 | 17 | 12 | 29 | 15 | 12 | 27 |
| 10:00 ~ 10:59 | 13 | 12 | 25 | 13 | 13 | 26 | 15 | 12 | 27 |
| 11:00 ~ 11:59 | 14 | 13 | 27 | 12 | 13 | 25 | 13 | 14 | 27 |
| 12:00 ~ 12:59 | 13 | 16 | 29 | 14 | 14 | 28 | 13 | 15 | 28 |
| 13:00 ~ 13:59 | 14 | 12 | 26 | 14 | 12 | 26 | 15 | 11 | 26 |
| 14:00 ~ 14:59 | 15 | 10 | 25 | 13 | 11 | 24 | 13 | 11 | 24 |
| 15:00 ~ 15:59 | 16 | 15 | 31 | 13 | 14 | 27 | 15 | 15 | 30 |
| 16:00 ~ 16:59 | 10 | 19 | 29 | 13 | 18 | 31 | 9 | 18 | 27 |
| 17:00 ~ 17:59 | 13 | 8 | 21 | 11 | 12 | 23 | 14 | 9 | 23 |
| 18:00 ~ 18:59 | 16 | 16 | 32 | 17 | 13 | 30 | 15 | 12 | 27 |
| 19:00 ~ 19:59 | 10 | 14 | 24 | 9 | 17 | 26 | 10 | 14 | 24 |
| 20:00 ~ 20:59 | 8 | 6 | 14 | 10 | 6 | 16 | 7 | 7 | 14 |
| 21:00 ~ 21:59 | 17 | 2 | 19 | 19 | 0 | 19 | 16 | 1 | 17 |
| 22:00 ~ 22:59 | 13 | 0 | 13 | 15 | 0 | 15 | 14 | 1 | 15 |
| 23:00 ~ 23:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 198 | 200 | 398 | 200 | 200 | 400 | 192 | 199 | 391 |

<Table 8> Gimpo Airport Weekly Slot (Thursday ~ Sunday)

| Time | 2013-09-05 | | | 2013-09-06 | | | 2013-09-07 | | | 2013-09-08 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum | In | Out | Sum |
| 00:00 ~ 00:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:00 ~ 01:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 ~ 02:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:00 ~ 03:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 ~ 04:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:00 ~ 05:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:00 ~ 06:59 | 0 | 15 | 15 | 0 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 1 | 14 | 15 |
| 07:00 ~ 07:59 | 3 | 13 | 16 | 3 | 11 | 14 | 2 | 13 | 15 | 3 | 11 | 14 |
| 08:00 ~ 08:59 | 4 | 13 | 17 | 6 | 17 | 23 | 6 | 14 | 20 | 5 | 14 | 19 |
| 09:00 ~ 09:59 | 16 | 12 | 28 | 14 | 11 | 25 | 17 | 12 | 29 | 12 | 12 | 24 |
| 10:00 ~ 10:59 | 15 | 12 | 27 | 14 | 12 | 26 | 13 | 12 | 25 | 14 | 11 | 25 |
| 11:00 ~ 11:59 | 12 | 14 | 26 | 12 | 12 | 24 | 13 | 13 | 26 | 12 | 13 | 25 |
| 12:00 ~ 12:59 | 14 | 15 | 29 | 12 | 15 | 27 | 12 | 14 | 26 | 13 | 15 | 28 |
| 13:00 ~ 13:59 | 14 | 12 | 26 | 14 | 12 | 26 | 14 | 13 | 27 | 14 | 12 | 26 |
| 14:00 ~ 14:59 | 16 | 11 | 27 | 14 | 10 | 24 | 13 | 11 | 24 | 15 | 11 | 26 |
| 15:00 ~ 15:59 | 14 | 15 | 29 | 11 | 14 | 25 | 12 | 14 | 26 | 11 | 15 | 26 |
| 16:00 ~ 16:59 | 13 | 18 | 31 | 9 | 16 | 25 | 13 | 17 | 30 | 9 | 16 | 25 |
| 17:00 ~ 17:59 | 11 | 11 | 22 | 12 | 8 | 20 | 12 | 11 | 23 | 15 | 8 | 23 |
| 18:00 ~ 18:59 | 18 | 15 | 33 | 19 | 15 | 34 | 15 | 12 | 27 | 17 | 16 | 33 |
| 19:00 ~ 19:59 | 9 | 16 | 25 | 10 | 15 | 25 | 10 | 17 | 27 | 9 | 15 | 24 |
| 20:00 ~ 20:59 | 8 | 5 | 13 | 8 | 8 | 16 | 9 | 5 | 14 | 9 | 6 | 15 |
| 21:00 ~ 21:59 | 18 | 0 | 18 | 18 | 1 | 19 | 17 | 0 | 17 | 17 | 0 | 17 |
| 22:00 ~ 22:59 | 13 | 0 | 13 | 15 | 0 | 15 | 13 | 1 | 14 | 14 | 0 | 14 |
| 23:00 ~ 23:59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 198 | 197 | 395 | 191 | 193 | 384 | 191 | 195 | 386 | 190 | 189 | 379 |

## 2. Analysis Target Selection

It is desirable that strategic routes having relatively low effect on Incheon airport hub policy are examined when some routes of Incheon are distributed to Gimpo. The first 68 major routes were selected for target routes on the supposition that 「Gimpo Airport International Flight Operation Regulation」 is weakened to 3,000km for the future, and among them, 29 routes which did not make an open sky agreement and expected to have an impact on Incheon hub policy were picked out. Top 15 routes with high passenger traffic and large number of flights based on Incheon airport performance on 2013 were finally chose. Additionally, top 4 routes with high demand on the basis of Incheon airport passenger traffic on 2013 were selected.

Therefore, total 19 routes were analysis targets and we analyzed the changes of Incheon and Gimpo airport connectivity.

<Table 9> Target Routes for Connectivity Effect Analysis

| Route | Airport Code | Flying Distance (km) | Reason of Selection |
|---|---|---|---|
| Dalian | DLC | 472 | under 2,000km radius from Gimpo and no open-sky agreement |
| Shenyang | SHE | 544 | |
| Yanji | YNJ | 621 | |
| Changchun | CGQ | 724 | |
| Harbin | HRB | 933 | |
| Hangzhou | HGH | 998 | |
| Changsha | CSX | 1,640 | |
| Xi'an | XIY | 1,642 | |
| Nanjing | NKG | 950 | |
| Pudong | PVG | 845 | |
| Ulaanbaatar | ULN | 1,973 | |
| Guangzhou | CAN | 2,042 | routes 2,000km~2,500km radius from Gimpo and no open-sky agreement |
| Shenzhen | SZX | 2,062 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Manila | MNL | 2,618 | 2,500km~3,000km radius from Gimpo and no open-sky agreement |
| Clark | CRK | 2,556 | |
| Hongkong | HKG | 2,084 | high demand (based on Incheon airport passenger traffic on 2013) |
| Bangkok | BKK | 3,684 | |
| Narita | NRT | 1,231 | |
| Taipei | TPE | 1,479 | |

## 3. Effect of Each Route on Airport Connectivity

<Table 10> and <Table 11> show the effects on Incheon and Gimpo airport connectivity when target routes of Incheon were distributed to Gimpo.

<Table 10> The Effect of Each Route on Incheon Airport Connectivity

| Route | Effect on TCI | | | Effect on SCI |
|---|---|---|---|---|
| | distribute 1 slot | distribute 2 slots | distribute 3 slots | |
| Dalian | -0.05% | -0.2% | -0.3% | -1.7% |
| Shenyang | -0.2% | -0.4% | -0.6% | -1.8% |
| Yanji | -0.1% | -0.3% | -0.4% | -1.8% |
| Changchun | -0.1% | -0.3% | - | -1.8% |
| Harbin | -0.3% | - | - | -1.7% |
| Hangzhou | -0.2% | -0.5% | - | -0.8% |
| Changsha | -0.2% | - | - | -0.9% |
| Xi'an | -0.1% | -0.3% | - | -0.9% |
| Nanjing | -0.2% | -0.5% | - | -0.9% |
| Pudong | -0.1% | -0.2% | -0.3% | -0.9% |
| Ulaanbaatar | -0.2% | - | - | -1% |
| Guangzhou | -0.1% | -0.3% | -0.5% | -0.8% |
| Shenzhen | -0.1% | -0.4% | -0.7% | -0.8% |
| Manila | -0.1% | -0.2% | -0.4% | -0.8% |
| Clark | -0.05% | - | - | -0.8% |
| Hongkong | -0.04% | -0.2% | -0.3% | -0.8% |
| Bangkok | -0.1% | -0.2% | -0.5% | -0.8% |
| Narita | -0.1% | -0.2% | -0.5% | -1.4% |
| Taipei | -0.2% | -0.3% | -0.6% | -0.7% |

<Table 11> The Effect of Each Route on Gimpo Airport Connectivity

| Route | Effect on TCI | | | Effect on SCI |
|---|---|---|---|---|
| | distribute 1 slot | distribute 2 slots | distribute 3 slots | |
| Dalian | +2% | +9% | +16% | +28% |
| Shenyang | +8% | +17% | +26% | +32% |
| Yanji | +6% | +13% | 20% | +16% |
| Changchun | +5% | +14% | - | +30% |
| Harbin | +14% | - | - | +28% |
| Hangzhou | +9% | +22% | - | +16% |
| Changsha | +8% | - | - | +19% |
| Xi`an | +6% | +15% | - | +22% |
| Nanjing | +9% | +21% | - | +19% |
| Pudong | +3% | +7% | +13% | +14% |
| Ulaanbaatar | +8% | - | - | +31% |
| Guangzhou | +7% | +15% | +24% | +18% |
| Shenzhen | +6% | +16% | +34% | +17% |
| Manila | +3% | +9% | +17% | +16% |
| Clark | +2% | - | - | +16% |
| Hongkong | +2% | +7% | +13% | +17% |
| Bangkok | +3% | +10% | +20% | +23% |
| Narita | +5% | +10% | +21% | +18% |
| Taipei | +7% | +15% | +30% | +11% |

The effect on Incheon airport TCI was very insignificant levels by 0.04%~0.3% when some routes of Incheon airport were distributed to Gimpo. The impact on SCI was also slight by 0.7%~1.8%. Gimpo airport connectivity were improved by average 6% on TCI and 205 on SCI, while the effect of target routes on Incheon airport hub policy were not large.

<Table 12> The Changes of Connectivity Index

| Incheon airport connectivity(average) | | Gimpo airport connectivity(average) | |
|---|---|---|---|
| -0.13% | -1.12% | 6% | 20% |

<Table 13> Analysis Result

| Radius (km) | Route | Effect on Incheon Airport Connectivity | | Effect on Gimpo Airport Connectivity | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | TCI | SCI | TCI | SCI |
| under 2,000km | Dalian | -0.05% | -1.7% | +2% | +28% |
| | Shenyang | -0.2% | -1.8% | +8% | +32% |
| | Yanji | -0.1% | -1.8% | +6% | +16% |
| | Changchun | -0.1% | -1.8% | +5% | +30% |
| | Harbin | -0.3% | -1.7% | +14% | +28% |
| | Hangzhou | -0.2% | -0.8% | +9% | +16% |
| | Changsha | -0.2% | -0.9% | +8% | +19% |
| | Xi'an | -0.1% | -0.9% | +6% | +22% |
| | Nanjing | -0.2% | -0.9% | +9% | +19% |
| | Pudong | -0.1% | -0.9% | +3% | +14% |
| | Ulaanbaatar | -0.2% | -1.0% | +8% | +31% |
| | Narita | -0.1% | -0.8% | +7% | +18% |
| | Taipei | -0.1% | -0.8% | +3% | +16% |
| 2,000km ~ 2,500km | Guangzhou | -0.05% | -0.8% | +2% | +16% |
| | Shenzhen | -0.04% | -0.8% | +2% | +17% |
| | Hongkong | -0.1% | -0.8% | +3% | +23% |
| 2,500km ~ 3,000km | Manila | -0.1% | -1.4% | +5% | +18% |
| | Clark | -0.1% | -1.3% | +5% | +15% |
| over 3,000km | Bangkok | -0.2% | -0.7% | +7% | +11% |

# Ⅵ. Conclusion

Incheon airport is now on facility saturation cased by continuous increasing passenger. Gimpo airport on the other hand has problem about idleness of facilities due to transfer of international functions to Incheon airport after it opened. As continuous congestion of Incheon airport is expected, slot operation for metropolitan airports through distribution international routes is more and more interesting issue.

Incheon and Gimpo airports use same airspace, but peck time of Incheon and Gimpo airport are different and relatively Gimpo airport has more slots. Thus if some routes of Incheon are distributed to Gimpo, Incheon can secure slots on its peck time. In the long term, we can utilize limited airspace more efficient and respond to growing demand. If passengers who use Incheon airport use Gimpo airport which is relatively good at accessibility, social benefit by accessibility improvement also will occur. For this reason, we attempted to suggest slot operation using airport connectivity analysis as a way of efficient management for metropolitan airports.

As a result of connectivity analysis, Incheon airport TCI was total 4,015 and SCI was total 12,593, and Gimpo airport TCI and SCI were total 269 and 13.

To investigate the effect on both airports by slot operation, we selected total 19 routes and analyzed the changes of two airports connectivity index for each routes. The results were that the effect on Incheon airport TCI was very insignificant levels by 0.04%~0.3% and that on SCI was also slight by 0.7%~1.8%. Gimpo airport connectivity were improved by average 6% on TCI and 205 on SCI, while the effect of target routes on Incheon airport hub policy were not large.

When used for this study over the next, people can choose strategic routes in airport connectivity aspects that influence low impact on Incheon airport Hub system and also increase the demand of Gimpo airport international flight.

In a long term, nation connectivity will increase and this will create more demand when Gimpo airport connectivity improves. Furthermore, the burden of Incheon airport peak-hour can be eased off and we can utilize metropolitan airspace more efficient.

인하대학교 1954 INHA UNIVERSITY