

복합 환승센터에서 시간대별 시설 이용자 수 추정방법에 관한 연구

조 원 영

(서울대학교 환경대학원 석사과정)

이 영 인

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 내용 및 범위
3. 연구의 수행절차

II. 관련이론 및 선행연구 고찰

1. 관련이론 검토
2. 선행연구 고찰

III. 연구 방법론

1. 방법론 개요
2. 시설물 연쇄통행량 추정 방법론

IV. 결론 및 향후연구계획

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교통수요의 지속적 증가와 승용차보유대수의 증가 추세에 대해 효과적인 대응을 위해서는 대량 수송과 정시성을 고려한 대중교통 중심의 교통체계 구축이 필요하다. 이러한 정책의 일환인 2004년의 고속철도(KTX) 개통은 전국의 하루 생활권을 가능케 하면서 광역 교통 수요의 증가를 더더욱 가속화하고 있다. 이에 건설교통부에서는 2007년 한국고속철도(KTX) 1일 이용객이 전년대비 2.2% 증가한 10만2000명(연간 3727만명)으로 2005년의 8만9000명에 비해

14.6%, 개통 첫해(2004년) 7만2000명에 비해서는 41.3% 증가했다고 밝힌바 있다.

광역 교통수단은 지역간 승객을 대량 수송하는 역할을 담당하므로 도심에서의 단거리 대중교통 수단 또는 승용차와의 연계성을 높여 승객의 이용 편의성을 증진시킬 필요가 있다. 따라서 그러한 교통수단간 연계성의 증진과 더불어 승용차로부터 대중교통으로의 수요전환을 꾀하기 위하여 서울시에서는 서울역, 세종문화회관 등 도심 3곳과 청량리, 여의도 등 부도심 6곳, 구파발, 양재, 수색 등 외곽 6곳에 환승센터의 건립을 추진 중이다.

이처럼 시설 측면에서의 투자는 증가하고 있으

나 이러한 시설확충 위주의 투자는 한정된 재원이라는 요소로 인하여 그 한계를 가질 수 밖에 없다. 필요한 교통인프라를 효과적으로 확충하기 위해서는 투자의 효율성이 높은 교통투자가 이루어져야 하며 이미 설립된 시설의 운영 효율을 극대화하는 것 또한 필수적이다. 환승센터의 운영 효율을 극대화하기 위해서는 운영 현황의 구체적인 파악과 문제점들의 개선이 뒤따라야 할 것이다. 이러한 개선은 이용자의 편의 증진 중심의 준비를 통해 이루어져야 하며 그로 인해 창출되는 수요는 환승센터 시설의 투자대비 효과성을 입증하는 지표가 될 것이다. 따라서 기운영되고 있는 환승센터의 문제점을 파악하고 개선 방안 마련에 기초가 되며 나아가 장래의 변화에 대비할 수 있도록 현재의 운영 상황을 분석하고 평가할 수 있는 방법론의 필요성은 매우 크다고 할 수 있다.

환승 센터를 이용하는 승객의 이동 패턴은 크게 첨두시와 비첨두시 또는 시간대에 따라 시설물의 경우 특성이 달라질 것으로 예상할 수 있다. 따라서 환승센터의 주기적인 환승 기능은 이용 승객의 경로 상에 있어서 시간대에 따른 수요 변동폭에 대응이 가능해야 한다. 그러나 아직까지 환승센터 내에서 시설물간 승객의 연쇄적 통행 패턴과 경로상의 단기적 수요변동 양상은 크게 고려된 바가 없다.

이에 본 연구에서는 환승센터 내 시설물 이용현황 분석을 거쳐 각 시설물들의 개별적인 서비스 수준 평가뿐만 아니라 이들을 연계한 환승센터 전체의 통합적 서비스 수준 평가와 장래 변화에 대응한 시설물 확장 계획의 기초 자료로써 환승센터에서 시설물간의 연쇄 통행량을 추정할 수 있는 방법론을 설정하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 환승센터 내 시설물들의 특징을 파악하고 이용자의 통행과 경로 특성을 분석한다. 설문조사를 통해 보행자의 시설물 이용

pattern을 분석하고 유·출입구에서의 전수 조사를 통해 시간대별 시설물 연쇄통행량을 추정하도록 한다.

II. 기존연구고찰

환승센터 및 보행자 특성에 관한 국내 연구로는 황정훈 외2명(2006) 『대구시 교통체계 개편에 따른 이용자 통행패턴 및 시내버스 서비스 만족도 분석』이 있다 이 연구에서는 대구시 대중교통체계 개편 후 이용자 의식조사를 토대로 대중교통체계 개편 전후의 이용자 통행패턴의 변화 및 환승통행, 서비스 만족도에 대한 분석을 실시하였다 그 결과 대중교통체계 개편으로 환승통행 수요가 증가하였으며, 특히 버스를 이용한 통행패턴에서 버스과 지하철간의 환승을 통한 통행패턴으로의 변화가 높은 것으로 나타났다 환승에 대해서는 전반적으로 개선된 것으로 나타났지만, 무환승 희망비율이 높게 나타난 환승에 대해서는 여전히 많은 부담을 느끼는 것으로 나타났다

김정현(2002)의 『보행자 시설 서비스 수준 산정에 관한 연구』에서는 보행자 시설 중 계단과 대기공간에 대한 서비스 수준의 기준을 제시하였다 계단의 경우는 보행자 군의 형성 여부에 따라 서비스 수준의 기준을 다르게 제시하였고 대기공간의 경우는 1인당 점유면적을 한국인의 평균체형을 기준으로 하여 서비스수준의 기준을 제시하였다

권영중 외 1명(2005)의 『대중교통환승센터 유형별 설계기준 정립에 관한 연구』에서는 환승센터의 입지 특성, 시설형태 및 환승형태 등에 따라 다양하게 환승센터를 분류한 후 전문가 설문조사를 통해 기능과 역할, 시급성에 대한 프로토타입을 제시하였다 각 유형별 요구기능과 시설별 규모 산정 기준과 원단위는 기존의 도로용량편람, 도시철도 정거장 편의시설 보완지침, 미국의 Transit Capacity and Quality of Service Manual 등에서 이미 사용된 시설기준을 인용하여 환승센터 유형별로 별도의 계산과정을 거치지

않고 적용하였다

박동주(1993)의 『보행목적에 따른 보행교통류 특성에 관한 연구』에서는 보행의 목적을 출퇴근, 등하교, 쇼핑, 위락, 업무 등으로 구분해 회귀식을 이용하여 보행량-밀도-속도에 관계를 나타내었다

환승센터 및 보행자 특성에 관한 국외연구로는 Hall E T(1996)의 『The Hidden Dimension』 있다 이 연구에서는 개인의 감각 특성에 따라서 개인 간 거리를 공중거리, 사회거리, 개체거리, 밀접거리로 분류하여 정의하였다.

Z.Fnag외3명(2008) 『Survey of pedestrian movement and development of a crowd dynamics model』는 2003년 중국최대 명절인 춘절에 Wuhan의 철도역에서 승객이 기차에서 내리는 혼잡상태에서 수행되었다. 이 연구에서는 혼잡상태의 통행속도는 두 가지 요인(앞-뒤 상호간 사람에 의한 영향, 보행자 스스로의 유도에 의해 좌우된다고 분석하였다.

Mohammed S Tarawneh(2001)의 『Evaluation of pedestrian speed in Jordan with investigation of some contributing factors』에서는 Jordan지역에 위치한 27개 횡단보도에서 약 3,500명 횡단보도 운영에 관한 데이터를 수집하였다. 결과로 보행자 특성에 따른(나이, 성별, 거리, 보행자수) 보행속도를 분류하였다.

Tobias Kretz 외 5명(2008)의 『Upstairs walking speed distributions on a long stairway』의 연구에서는 2000년 Hannover에서 개최된 엑스포 행사에서 특정 건물의 계단(높이 358m)을 오르는 485명의 샘플을 통해 보행속도를 측정하였다. 계단을 오르는 속도를 3가지의 Category로 분류하여 각 그룹 보행속도의 평균, 중간값, 최고속도를 분석하였다.

III. 본론

1. 방법론의 개요

환승센터는 2차원 평면을 기준으로 여러 개의 층이 복합적으로 구성되어 있는 것이 일반적이다. 환승 센터 외부를 둘러싸는 유·출입구는 외부 존(E), 환승센터 내부의 경계선에서 환승 수단을 연결하는 유·출입구는 내부 존(I), 환승센터에 존재하는 각 시설물들은 각각의 Node(F)로 정의한다. 활동 통행의 내부 존은 일반적으로 개찰구 또는 동일한 기능을 가진 시설물, 외부 존은 외부 출입구, 환승통로 또는 동일한 기능을 가진 시설물로 정의한다. 복층의 환승센터일 경우에는 층간 이동시설에 해당하는 계단, 엘리베이터, 에스컬레이터는 외부 존에 해당한다. 시설물 Node는 환승센터에서 외부와 내부를 제외한 모든 시설물로 설정 한다.

다음은 환승센터를 위에서 정의한 존과 노드로 도식화 한 그림이다.

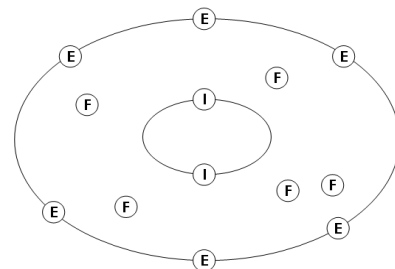


그림 1. 환승센터의 도식화

환승센터의 통행 패턴은 외부 존에서 외부 존으로(E→E), 외부 존에서 내부존으로(E→I), 내부 존에서 외부 존으로(I→E) 분류할 수 있다. 외부 존에서 외부 존으로의 통행은 배웅, 쇼핑 통행을 의미하며, 외부 존에서 내부 존의 통행은 승차 통행 내부 존에서 외부 존으로의 통행은 하차 통행을 의미한다. 개별 활동 통행은 내부 또는 외부 존에서 시작하여 시설물(Node)를 경유하여 내부 또는 외부에서 종료된다. 본 연구에서 활동통행(activity trip)는 통행목적을 달성하는 과정에서의 경유하는 노드로 구성되는 경로를 의미하

며 통행자 1명의 연쇄적인 통행을 의미한다.

기존의 수요추정 모형에서는 경로를 선택하는 효용 함수가 존재하였다. 하지만 보행자가 보행자를 이용하는 경로선택 효용 함수는 존재하지 않는다. 이는 환승센터의 이용자의 기·종점 경로가 통행자별 특성과 주변 상황에 따라 매우 가변적으로 나타나고 이용자의 활동통행(activity trip)은 다양한 연쇄통행(trip chain)으로 구성되기 때문이다.

기존 4단계 수요추정 모형에서는 특정시간의 통행을 분석하였다. 하지만 환승센터에서의 통행과 시설물 이용은 대중교통 수단의 도착률과 출발률에 따라서 그 특성을 달리하기 때문에 통행량 분석의 분석 시간 기준이 기존과는 같을 수 없다. 다음은 환승센터의 시간대에 따른 시설물별 수요 분포의 특징을 나타낸 그래프이다.

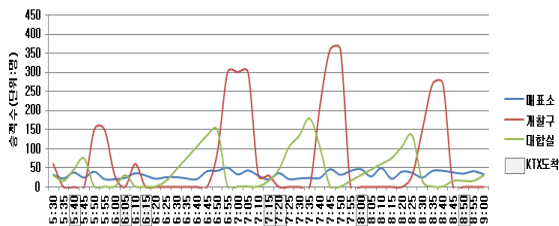


그림 2. 환승센터의 시간대별 시설물별 수요 분포 특징

위의 그래프에서 보면 알 수 있듯이 KTX가 도착하는 시간을 기준으로 각 시설물을 이용하는 승객수의 분포는 달라진다. 개찰구 같은 경우는 KTX가 도착하기 바로 이전에 수요가 단기간에 몰렸다가 감소하게 되고 대합실의 경우는 개찰구에 수요가 증가하기 이전에 수요가 증가하였다가 감소하게 된다. 이처럼 환승센터의 시설물은 단기간에 집중적인 수요를 보이는 시설이 있고 그에 반해 상대적으로 넓은 시간간격의 수요분포를 갖는 시설이 있다. 이렇게 시설물들이 갖는 수요 변동의 분포는 환승수단의 도착이나 출발의 영향을 받게 된다. 따라서 환승센터에서 통행량 분석 시간 기준은 다음과 같이 결정해야한다.

$$\text{분석시간}(T) = \min\{\text{도착시간간격}, \text{출발시간간격}\}$$

2. 시설물 연쇄통행량 추정 방법론

환승센터 내부 및 외부 존으로 설정된 개찰구, Gate, 환승통로에서는 분석 시간으로 정해진 T 동안 유입, 유출 교통량을 측정한다. 지점별로 산정된 유입·유출 통행량은 존간 OD통행패턴 Table과 연산을 수행하기 위하여 유입·유출 통행량(PA) Table로 정리된다. PA Table은 $(i+1) \times (j+1)$ $i, j \in Z \quad \forall i, j$ 인 정방행렬로 구성된다.

개별 시설물에 대하여 시설물(i)에서 유출된 통행량은 PA Table의 존별 유출(Production) 통행량(P_i), 유입된 통행량은 PA Table의 존별 유입(Attraction) 통행량(A_j)에 해당한다.

활동통행의 1차 분석은 PA(유입·유출 통행량) Table과 활동통행조사를 통해 수집·정리된 존간 OD통행 패턴 Table(TP)을 이용하여 전수화 된 존간 OD통행량 Table(OD)를 산정하게 된다. TP Table의 존별 유출(Production) 통행량과 유입(Attraction) 통행량을 각각 p_i, a_j , 존간 통행량을 t_{ij} 로 정의하고, PA Table의 존별 유출(Production) 통행량과 유입(Attraction) 통행량을 각각 P_i, A_j , 존간 통행량을 T_{ij} 로 정의한다. 결과적으로 TP Table을 이용하여 PA Table이 배분되면 PA Table은 OD Table이 된다.

존간 OD는 PA와 TP를 이용하여 전수화 된다. 내부존→외부존, 외부존→내부존 그리고 외부존→외부존으로 통행을 분리하여 보정한다. 이는 내부존→외부존과 외부존→내부존으로 통행량은 개찰구에서 전수로 조사가 수행되기 때문에 통행 배분 과정을 수행하면서 통행패턴을 왜곡시킬 필요가 없기 때문이다. 또한 환승센터의 존별 유입량과 유출량은 상이하게 나타나는 경우가 많다.

따라서 통행배분 방법은 간략하면서도 통행패턴을 왜곡시키지 않는 균일 성장률법을 이용한다.

내부존(I)→외부존(E)으로의 통행량 보정은 존별 유출량을 이용한 성장률(F_i^{IE})을 산정한 후 TP의 t_{ij} 에 F_i^{IE} 을 곱하여 OD의 T_{ij} 을 계산한다.

$$F_i^{IE} = \frac{P_i}{p_i}, \quad i \in I \quad \forall i$$

$$T_{ij} = F_i^{IE} \cdot t_{ij}, \quad i \in I, j \in E \quad \forall i, j$$

외부존(E)→내부존(I)으로의 통행량 보정은 존별 유입량을 이용한 성장률(F_j^{EI})을 산정한 후 TP의 t_{ij} 에 F_j^{EI} 을 곱하여 OD의 T_{ij} 을 계산한다.

$$F_j^{EI} = \frac{A_j}{a_j}, \quad j \in I \quad \forall j$$

$$T_{ij} = F_j^{EI} \cdot t_{ij}, \quad i \in E, j \in I \quad \forall i, j$$

외부존(E)→외부존(E)으로의 통행량 보정은 존별 유입량과 유출량의 평균 통행량을 이용한 성장률(F^{EE})을 산정한 후 TP의 t_{ij} 에 F^{EE} 을 곱하여 OD의 T_{ij} 을 계산한다.

$$F^{EE} = \frac{\sum_i P_i + \sum_j A_j}{\sum_i p_i + \sum_j a_j},$$

$$i, j \in E \quad \forall i, j$$

$$T_{ij} = F^{EE} \cdot t_{ij}, \quad i, j \in E \quad \forall i, j$$

내부존(I)에서 내부존(I)의 통행량은 현실적으로 존재하지 않거나 환승센터 운영요원의 통행임으로 분석에서 제외한다.

전수화 된 OD통행 Table이 작성되면, OD Table의 T_{ij} 에 대한 PA Table의 t_{ij} 의 통행량

전수화 계수 매트릭스($E, i \times j, i, j \in Z \quad \forall i, j$)를 산정하며, 통행 i, j 간의 시설물간 링크통행량 전수화 계수는 다음과 같이 산정된다.

$$E_{i,j} = \frac{T_{ij}}{t_{ij}}, \quad i, j \in Z \quad \forall i, j$$

전수화 계수와 조사된 활동통행 경로자료를 이용하여 승차승객, 하차승객, 외부 존간 통행의 내·외부 존을 포함하는 시설물간 링크 통행량 Table(LD)을 작성한다. 예를 들어 내부존(i)에서 출발하여 여러 개의 시설물을 경유하고 외부존(j)에 도착하는 1개의 활동통행은 시설물간 통행수요 1에 해당한다. 여기에 시설물간 링크통행량 전수화 계수를 곱하여 통행수요를 산정한다. 따라서 $E_{ij} = 3.7$ 이라면 해당 링크의 수요는 1이 아니라 3.7로 환산한다.

승차통행(외부존→내부존)의 시설물간 링크 통행량($LD_{ij}^{EI}, i, j \in F \quad \forall i, j$) 산정은 출발존(i)가 외부존($i \in E, \forall i$)이고 도착존(j)이 내부존($j \in I, \forall j$)인 개별 활동통행에 대하여 다음의 제약조건을 만족하는 E_{ij} 를 이용하게 된다.

$$E_{ij}, \quad i \in E, j \in I \quad \forall i, j$$

하차통행(내부존→외부존)의 시설물간 링크 통행량($LD_{ij}^{IE}, i, j \in F \quad \forall i, j$) 산정은 출발존(i)가 내부존($i \in I, \forall i$)이고 도착존(j)이 외부존($j \in E, \forall j$)인 개별 활동통행에 대하여 다음의 제약조건을 만족하는 E_{ij} 를 이용하게 된다.

$$E_{ij}, \quad i \in I, j \in E \quad \forall i, j$$

외부존간 통행의 시설물간 링크 통행량($LD_{ij}^{EE}, i, j \in F \quad \forall i, j$) 산정은 출발존(i)가 외부존($i \in E, \forall i$)이고 도착존(j)이 외부존($j \in E, \forall j$)인 개별 활동통행에 대하여 다음의 제약조건을 만족하는 E_{ij} 를 이용하게 된다.

$$E_{ij}, i, j \in E \quad \forall i, j$$

전체 통행의 시설물간 링크 통행량(LD_{ij}^{TT} , $i, j \in F \quad \forall i, j$)은 다음과 같이 산정된다.

$$LD_{ij}^{EE} = LD_{ij}^{EI} + LD_{ij}^{IE} + LD_{ij}^{EE},$$

$$i, j \in F \quad \forall i, j$$

다음과 같은 방법을 통하여 분석 시간대 기준 시설물 이용자 수에 대한 추정이 가능하다.

IV. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 환승센터의 특징을 고려하여 환승센터 내 시설물 이용현황 분석을 거쳐 각 시설물들의 개별적인 서비스 수준뿐만 아니라 이들을 연계한 환승센터 전체의 통합적 서비스 수준 평가와 장래 변화에 대응한 시설물 확장 계획의 기초자료로써만 환승센터에서의 시설물간의 연계 통행량을 추정 할 수 있는 방법론을 설정하였다.

본 연구에서 설정한 방법론을 현실적으로 적용하기 위해서는 환승센터를 이용하는 이용자들의 시설물 이용 패턴 조사하기 위한 설문조사와 각 유·출입구에서의 전수 조사가 필요하다. 이러한 조사를 실시하려면 조사비가 필요한데 본 연구에서는 조사를 실시하지 못하였다. 이에 향후에는 현장 사이트에서 조사를 실시해 조사 방법을 적용하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 도시교통론, 원제무 저, 박영사
2. 도시 교통계획, 임강원 저, 서울대학교 출판부
3. 대구시 교통체계 개편에 따른 이용자

통행패턴 및 시내버스 서비스 만족도 분석, 황정훈 외 2명, 대한교통학회, 2006

4. 보행자 시설 서비스 수준 산정에 관한 연구, 김정현, 대한교통학회, 2002

5. 대중교통환승센터 유형별 설계기준 정립에 관한 연구, 권영중 외 1명, 대한국토도시계획학회, 2005

6. 보행목적에 따른 보행교통류 특성에 관한연구, 박동주, 서울대학교 환경대학원, 1993

7. Hall E. T, The Hidden Dimension, New York, Doubleday and Company Inc, 1996

8. Survey of pedestrian movement and development of a crowd dynamics model, Fire Safety Journal, 2008, 459~465