

지하철역사내 승객보행흐름 분석모형 - 교통카드자료를 활용하여 -

An Analysis Model on Passenger Pedestrian Flow within Subway Stations - Using Smart Card Data -

이 미 영* · 신 성 일** · 김 부 원***

* 주저자 및 교신저자 : 국토연구원 국토계획·지역연구본부 책임연구원

** 공저자 : 서울연구원 교통시스템연구실 연구위원

*** 공저자 : ㈜글로벌건설이엔지 대표이사

Mee Young Lee* · Seongil Shin** · Boo Won Kim***

* Korea Research Institute for Human Settlements

** The Seoul Institute

*** Global Construction Engineering Corporation

† Corresponding author : Mee young Lee, mylee@krihs.re.kr

Vol.17 No.6(2018)

December, 2018

pp.14~24

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits>

2018.17.6.14

Received 27 September 2018

Revised 16 October 2018

Accepted 28 October 2018

© 2018. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

교통카드를 이용하는 승객의 지하철역사내에서 보행이동은 직승직하, 노선환승, 역사환승 3가지로 구분된다. 직승직하는 단말기노선과 열차노선이 동일한 상황에서 나타나는 통행을 의미한다. 직승은 출발역에서 직하는 도착역에서 각각 나타난다. 노선환승은 승객이 하차 및 승차한 열차노선이 다른 상황에서 발생한다. 노선환승은 출발역과 도착역이 아닌 중간역의 환승 보행통행이다. 역사환승은 단말기노선과 열차노선이 다른 경우 나타난다. 역사환승은 출발역에서 출발환승과 도착역에서 도착환승으로 나타난다. 수도권 교통카드는 출발역 및 도착역 단말기노선번호가 기록되거나 열차노선정보가 존재하지 않는다. 따라서 지하철역사를 보행하는 승객의 전체흐름을 분석하기 위해서 카드자료가 활용되지 못하고 있다.

본 연구는 교통카드자료의 제한된 정보를 활용하여 지하철역사내 승객의 보행이동 분석모형을 제안한다. 이를 위해 출발역과 도착역을 연결하는 경로선택모형을 구축하여 열차노선을 분석하는 개념을 적용한다. 수도권지하철을 대상으로 사례연구를 시행하여 보행통행을 분석한다.

핵심어 : 교통카드자료, 지하철역사, 승객보행, 직승직하, 노선환승, 역사환승

ABSTRACT

Pedestrian movement of passengers using smart card within stations can be divided into three types of activities - straight ride and alight, line transfer, and station transfer. Straight ride and alight is transfer activity for which the card terminal and embarking line are identical. In this case, straight ride occurs at the origin station and straight alight occurs at the destination station. Line transfer refers to activity in which the subway line embarked on by the passenger is different from that which is disembarked. Succinctly, line transfer is transfer at a middle station, rather than at origin or destination stations. Station transfer occurs when the card terminal line and embarking line are different. It appears when station transfer happens at the origin station as starting transfer, and at the destination station as destination transfer. In the case of Metropolitan smart card data, origin and

destination station card terminal line number data is recorded, but subway line data does not exist. Consequently, transportation card data, as it exists, cannot adequately be used to analyze pedestrian movement as a whole in subway stations.

This research uses the smart card data, with its constraints, to propose an analysis model for passenger pedestrian movement within subway stations. To achieve this, a path selection model is constructed, which links origin and destination stations, and then applied for analysis. Finally, a case study of the metropolitan subway is undertaken and pedestrian volume analyzed.

Key words : Smart Card Data, Subway Station, Passenger Walking Trip, Straight Ride and Alight, Line Transfer, Station Transfer

I. 서 론

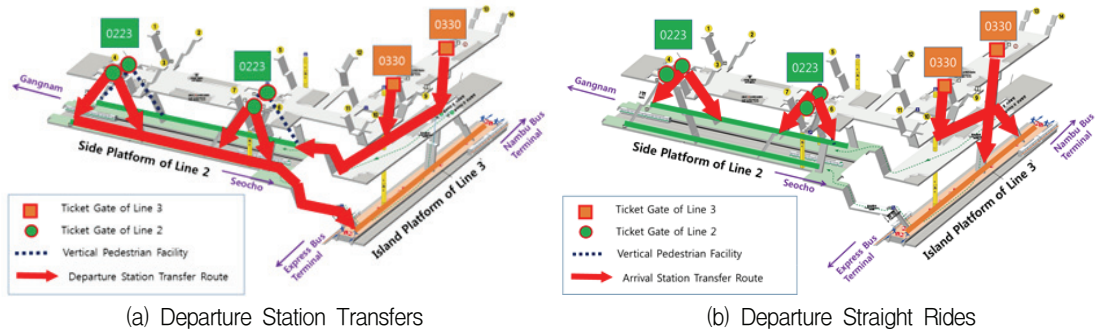
교통카드정보를 이용하는 승객의 지하철역사내 보행흐름은 직승직하, 노선환승, 역사환승의 3가지 유형의 복합된 형태로 나타난다. 단일 노선으로 운영되는 일반역사는 직승직하보행만 존재한다. 직승직하보행은 교통카드단말기와 승강장 사이의 이동경로가 계단, 에스컬레이터 등 수직보행이동시설이 주로 경유된다. 개별 승객기준으로 보면 출발역과 도착역의 열차승하차를 위한 접근보행을 의미한다. 그러나 환승역에는 직승직하와 함께 노선환승, 역사환승의 2가지 보행유형이 함께 나타난다.

노선환승은 열차하차 후 다른 노선열차의 승차를 위한 보행이동이다. 노선환승보행은 주로 계단, 에스컬레이터로, 보행통로 등 수평 및 수직보행시설을 경유하여 이루어진다. 개별승객의 이동에서 노선환승보행은 출발역과 도착역이 아닌 중간경유지인 환승역에서 발생한다.

역사환승보행은 출발역과 도착역에서 진출입역사노선과 열차승하차노선이 다른 상황에서 발생한다. 진입(진출)역사노선과 열차승차(하차)노선이 달라서 환승을 위한 접근보행을 필요로 한다. 역사환승보행은 노선환승보행과 같은 환승을 위한 보행시설을 이용하는 측면에서 환승통행으로 분류된다. 그러나 직승직하보행은 출발역과 도착역의 접근통행을 의미한다.

수도권지하철 교통카드자료는 승객의 출발역과 도착역정보만 기록되며 승하차열차노선 정보는 포함되지 않는다. 따라서 역사노선과 열차노선이 항상 동일하게 나타나는 일반역사에 한정된 직승직하보행에 한정되어 카드자료가 활용 가능하다. 그러나 환승역사에서 나타나는 복합된 보행흐름은 노선환승 및 역사환승보행의 반영이 요구된다. 이를 위해서는 승객이 이용한 열차노선에 대한 파악이 선행되어야 한다.

예를 들면 ‘교대’역은 ‘2호선’과 ‘3호선’의 환승이 나타나는 환승역사로서 출발역사환승(Departure Station Transfer)과 출발역사직승(Departure Straight Ride)이 나타난다. (주)스마트카드(KSCC)관리 교통카드 단말기ID는 ‘2호선 교대역’은 ‘0223’, ‘3호선 교대역’은 ‘0330’으로 각각 구성된다. 이때 교대역 2호선에서 ‘0223’으로 Tag-In 해서 ‘3호선’ 열차를 탑승하게 되면 출발역사환승(Fig. 1-(a))이고, ‘2호선’ ‘0223’으로 Tag-In하고 ‘2호선’ 열차를 탑승하게 되면 출발역사직승(Fig. 1(b))의 상황이 발생하게 된다(반대로 도착역사환승(Arrival Station Transfer)과 도착역사직하(Arrival Station Alight)로 나타남). 단말기ID가 하나만 존재하는 역사는 <Fig. 1-(b)>인 출발역사직승으로 승객보행이 발생하나, 환승역사의 경우 출발역사환승<Fig. 1-(a)>과 출발역사직승<Fig. 1-(b)>이 함께 나타나게 된다. 이때 승객이 ‘2호선’ 또는 ‘3호선’ 열차를 탑승했는가에 판단이 선행되어야 환승과 직승의 구분이 가능하다. 현재 지하철을 운영하는 기관은 TagIn 카드에 기록된 노선운영에 기본운임 10%, 열차탑승에 기본운임의 90%를 할당하고 있어 이 정보는 매우 중요하나 카드기록에 초승열차관련 기록이 없어 용역을 발주하여 기관수입금배분을 추진하고 있으나 기관협의의 도출이 어려워 법적 분쟁이 발생하고 있다.



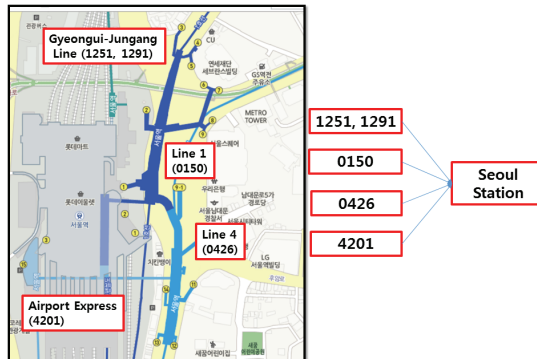
<Fig.1> Departure Pedestrian Movement at 'Seoul Nat'l Univ. of Education' Station

본 연구는 지하철역사에서 나타나는 승객의 3가지 보행유형을 분석하는 모형을 제안한다. 이를 위해 카드자료의 출발역과 도착역을 연계하는 경로선택모형을 구축하여 경로에서 나타난 열차노선을 추정하는 방안을 검토한다. 따라서 출발역, 환승역, 도착역에 따른 이동경로에 따라 3가지 보행유형을 모두 분석할 수 있다. 연구의 실용성을 파악하기 위해 2017년 10월 교통카드자료를 기반으로 8,369,938 수도권지하철통행과 688개 단말기 ID로 구성된 588개의 지하철역사, 이중 86개 환승역을 사례로 보행유형을 비교분석하고 시사점을 도출한다.

II. 교통카드자료기반 지하철네트워크와 보행유형

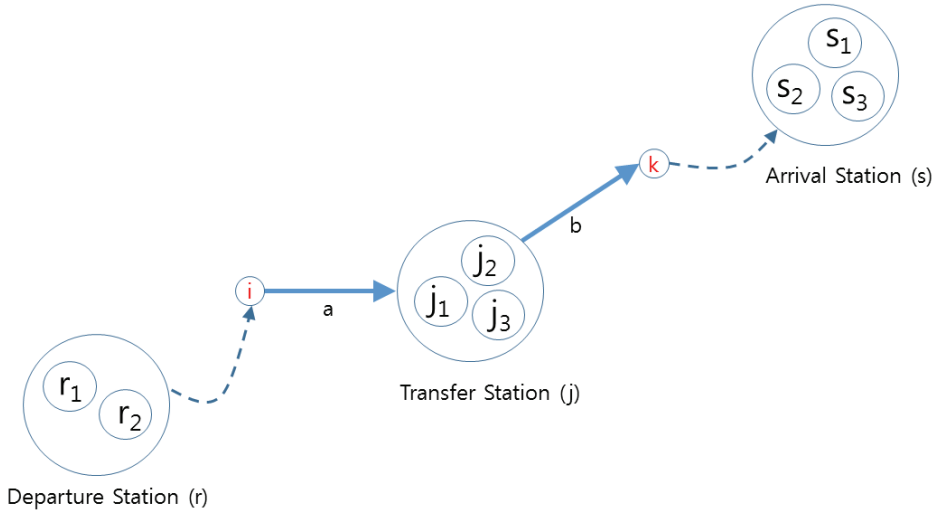
1. 교통카드자료기반 지하철네트워크

교통카드자료는 개별승객의 지하철통행에 대한 진출입역사번호 및 통과시간을 주요정보로 기록한다. 진출입역사번호는 승객이 단말기를 Tag-In/Out 하면서 발생한다. 교통카드의 진출입역사번호는 역사단말기노선번호와 동일하다. '서울역'의 4개 노선 단말기노선번호를 예로 들면, 1호선 '0150', 4호선 '0426', 경의선 '1251' 또는 '1291' (이중 하나는 예비번호), 공항철도 '4201'로 각각 부여된다. 교통카드자료의 단말기노선번호를 기반으로 지하철네트워크를 구축하기 위해서는 <Fig. 2>의 '서울역' 사례와 같이 복수의 단말기노선정보를 단일노드정보로 변환하는 작업이 필요하다.



<Fig.2> Four Railway Lines and Terminal Numbers of Seoul Station

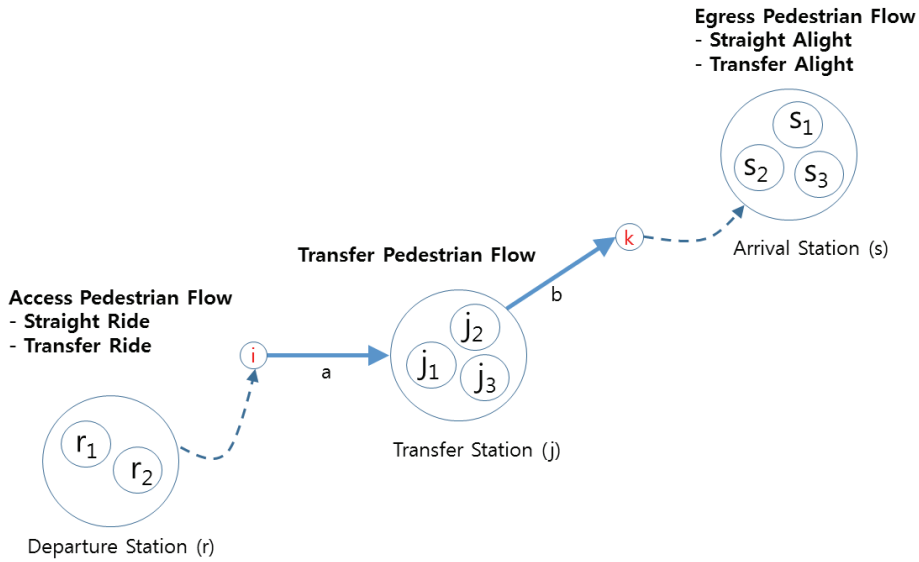
모든 역사가 역사단말기번호 노드정보로 구축된 지하철네트워크에서 나타나는 승객의 통행경로에 대한 사례는 <Fig. 3>과 같다. 이 경로에서 출발역(r), 환승역(j), 도착역(s)으로 구분되며, 단말기노선번호는 출발노선 2개 (r_1, r_2), 환승노선 3개 (j_1, j_2, j_3), 도착노선 3개 (s_1, s_2, s_3)로 구성된다.



<Fig. 3> Passenger Trip in Subway Station Network

2. 지하철 역사 보행유형

<Fig. 3>의 승객경로를 단일 지하철 역사에서 나타나는 보행통행으로 도식화하면 <Fig. 4>과 같이 구분이 가능하다. 출발역(r)은 직승(Straight Ride)보행과 역사환승보행(승차)으로 나타난다. 직승보행은 승차역단말기 노선과 탑승열차노선(초승)이 동일한 상황에서 발생하는 보행을 의미한다. 역사환승보행은 승차역단말기 노선과 초승열차노선이 다른 경우 발생한다. 환승역(j)은 노선환승보행으로 하차열차노선과 승차열차노선이 다른 상황에서 보행으로 이동한다. 도착역(s)은 직하(Straight Alight) 및 역사환승보행(하차)으로 나타난다. 직하 보행은 하차열차노선과 하차역단말기노선이 동일한 경우에 나타난다. 따라서 단일 환승역에서 나타나는 총 보행흐름은 1) 직승직하의 출발역의 탑승보행과 도착역하차보행 2) 역사환승의 출발역탑승이동과 도착역하차이동, 3) 노선환승의 방향별 환승이동으로 총 6개의 보행흐름으로 구분된다. 4개 노선이 집결하는 서울역은 직승직하보행 $4*2=8$ 개, 역사환승보행 $4*3*2=24$ 개, 노선환승보행 $4*3*2=24$ 개로 총 56개로 나타나는 복잡한 보행흐름으로 이루어진다.



<Fig. 4> Passenger Pedestrian Flow in Subway Station Network

III. 지하철 이용승객 보행유형 분석모형

1. 개요

교통카드자료는 출발역과 도착역 단말기번호정보를 포함한다. 따라서 환승역, 초승열차, 환승탑승열차, 환승하차열차, 최종하차열차에 대한 정보는 단말기번호로 구축된 지하철네트워크에 대하여 경로선택모형을 통해서 판단한다. 지하철네트워크의 경로선택에 영향을 미치는 요인은 차내통행시간과 차외이동시간으로 구분되며 차외이동시간은 환승이동시간, 접근시간으로 구분된다. 모형은 승객은 최소이동시간경로를 선택한다고 가정한다. 모형의 해법으로 최소경로선택에 있어 확률요인을 반영하기 위해서 유사경로탐색기법을 적용한다.

2. 모형 및 알고리즘

교통카드자료를 기반으로 구축된 지하철네트워크에서 승객의 최소통행시간경로선택모형은 식(1)과 같이 선형목적함수식으로 표현된다. 여기서 출발역 r, 도착역 s를 연결하는 확률적 최소비용경로를 링크 a의 순서로 나타내면 $p = (a_0, a_1, \dots, a_N)$ 이고 이때 r, s, 링크 a, 링크 $b(b \in I_a^+)$ 의 노선정보를 나타내는 $\phi(r)$, $\phi(s)$, $\phi(a)$, $\phi(b; b \in I_a^+)$ 에 대하여 노선의 파악이 가능하다. 여기서 역사의 보행흐름은 $x_a^{r \rightarrow}$ 는 직승과 역사(출발) 환승, $x_b^{\rightarrow s}$ 는 직하와 역사(도착)환승, x_{ab} 는 방향별 노선환승으로 전환된다.

$$\begin{aligned} \min \sum_a \sum_b (c_a + d_{ab}) \cdot x_{ab} & \quad (1) \\ \text{s. t.} \quad q_{rs} = \sum_r \sum_s \sum_p f_p^{rs} & \quad \forall r, s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_p^{rs} &\geq 0 && \forall r, s, p \\
 x_{ab} &= \sum_r \sum_s \sum_p f_p^{rs} \cdot \delta_{k,ab}^{rs} && \forall ab, b \in I_a^+, \\
 x_a &= \sum_r \sum_s \sum_p f_p^{rs} \cdot \delta_{k,a}^{rs} && \forall a \\
 x_a^{r\rightarrow} &= \sum_r \sum_s \sum_p f_p^{rs} \cdot \delta_{k,ra}^{rs} && \forall r, a(r, *) \\
 x_b^{\rightarrow s} &= \sum_r \sum_s \sum_p f_p^{rs} \cdot \delta_{k,bs}^{rs} && \forall b(*, s), s
 \end{aligned}$$

여기서 c_a 는 링크 a 차내통행시간 ; d_{ab} 는 링크a에서 링크b 환승시간
 p 는 r-s간 p 번째 경로 ; f_p^{rs} 는 r-s간 p 번째 경로통행량;
 ξ_p^{rs} 는 r-s간 p 번째 경로통행시간 ; q_{rs} 는 r-s간 승객수요;
 x_{ab} 는 링크 a에서 링크 b로 회전통행량; x_a 는 링크 a 통행량
 $x_a^{r\rightarrow}$ 는 r노드에서 링크 a로 통행량 ; $x_b^{\rightarrow s}$ 는 링크 b 에서 s노드로 통행량

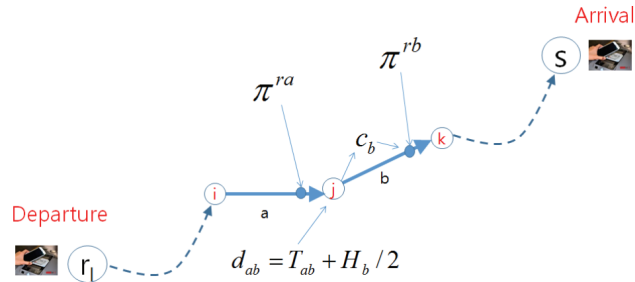
<Table 1> Passengers' Pedestrian Types at Transfer Stations

Pedestrian Types	Variable	Comparison Condition
Departure Straight Ride	$x_{a(r,*)}^{r\rightarrow}$	$\Phi(r) = \Phi(a)$
Departure Transfer	$x_{a(r,*)}^{r\rightarrow}$	$\Phi(r) \neq \Phi(a)$
Arrival Straight Alight	$x_{b(*,s)}^{\rightarrow s}$	$\Phi(b) = \Phi(s)$
Arrival Transfer	$x_{b(*,s)}^{\rightarrow s}$	$\Phi(b) \neq \Phi(s)$
Line Transfer	x_{ab}	$\Phi(a) \neq \Phi(b)$

식(1)의 해법은 Lee(2017)의 확률적 균일배분개념을 적용하여 최소시간경로와 5%-10% 이내 차이의 통행 시간을 갖는 경로를 최대 3개의 유사경로를 탐색하고 M개 경로에 대해 $f_p^{rs} = q_{rs}/M$ 를 배정하였다. 본 연구에서 Lee(2017)과 차이는 비가산성경로통행비용(Non Additive Path Cost; Bernstein 1993)을 발생시키는 환승계수(Transfer Parameter)를 반영하지 않아 전체경로삭제기법(Entire Path Deletion)에서 순차적으로 경로탐색이 가능하다는 것이다. 관련된 내용은 Martin et al.(1984), Azevedo et al.(1993), Shin(2004), Shin and Noh(2005), Lee(2017)에서 파악이 가능하다.

$$\pi^{r,b} = \min \left(\pi^{r,a} + T_{ab} + \frac{H_b}{2} + c_b \right) \tag{2}$$

여기서 $\pi^{r,b}$ 는 출발역 r의 교통카드 1단말기에서 링크 b의 도착지점까지 최소시간 ;
 T_{ab} 는 링크 a에서 링크 b의 환승이동시간 ; H_b 는 링크 b의 열차배차간격



<Fig. 5> Passenger's Route Choice with Transfer Walking and Waiting

IV. 사례연구

1. 개요

현재 수도권지하철의 교통카드자료이용률은 선후불카드, 일회권, 정기권을 합하여 100%에 달하고 있으며 선후불카드 이용율이 약 97% 정도에 해당된다. 연구의 사례는 2017년 10월 18일 수요일 선후불 교통카드자료를 대상으로 시행한다. 자료의 Trip Chain은 15,458,413(개)이며 통행은 총 20,846,550(개)로 구성되어 지하철환승을 제외한 수도권통합대중교통환승률은 1.35(회)에 해당된다. 이중 버스는 12,386,598(통행)의 59.4(%) , 지하철은 8,459,952(통행) 40.6(%)를 차지한다.

구축된 수도권지하철네트워크 역(노드)수는 588(개), 이중 노선단말기가 복수로 운영되는 환승노드는 80(개)이며 열차하차-탑승이 이루어지는 환승노드까지 총 92(개)에 해당된다. 노선단말기는 총 688(개)가 운영되고 있다. 네트워크의 (역-노선-역)을 나타내는 노선링크는 총 1,332(개)로 구성되어 있다. 네트워크의 (역-노선-역-노선-역)으로 구성된 회전은 총 2,132(개)이며 이중 노선이 같은 일부를 제외한 통과노선은 1,308(개) 노선이 다른 환승노선은 824(개)에 해당된다. <Table 2>-<Table 4>은 각각 네트워크구축을 위해 사용된 노드, 링크, 환승자료의 일부를 나타내고 있다.

<Table 2> Node Input Data

Terminal ID	Station Name	Subway Line
0152	Jonggak	Line 1
1846	Suwon	Bundang Line

<Table 3> Link Input Data

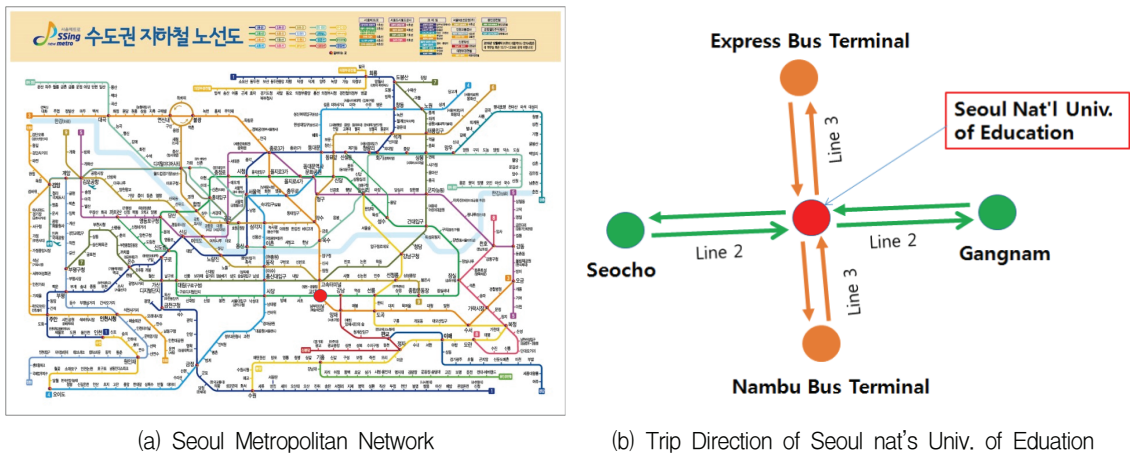
Departure Station	Arrival Station	Travel Time (min.)	Subway Line
Noryangjin	Daebang	2.5	Kyungbu Line
City Hall	Euljiro 1 ga	2.0	Line 2

<Table 4> Transfer Input Data

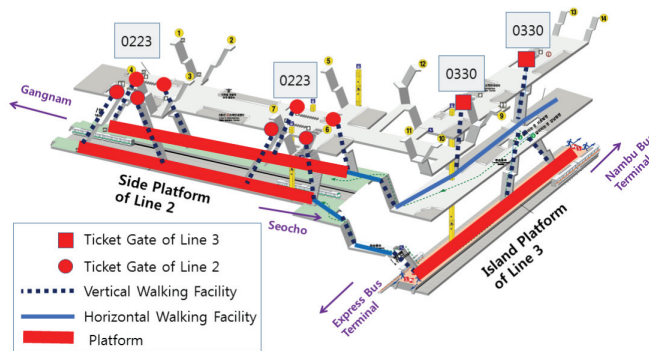
From Station	Transfer Station	To Station	Transfer Time (min.)	From Line	To Line
Yangjae	Gangnam	Yeoksam	3.5	Sinbundang Line	Line 2
Songpa	Garak Market	Suseo	1.8	Line 8	Line 3

2. 결과분석

총 588개 역사에 대한 보행통행 - 직승직하, 역사환승, 노선환승 - 에 대한 정보를 추출하였다. 연구 결과는 내용이 매우 방대하므로 ‘교대’역을 중심으로 설명한다. <Fig. 6>는 수도권지하철노선도와 ‘교대’역 위치 및 통행방향을 보여준다. ‘교대’역은 2호선과 3호선의 환승역으로 2호선 ‘서초’와 ‘강남’, 3호선의 ‘고속터미널’과 ‘남부터미널’의 중심에 위치한다. <Fig. 7>은 ‘교대’역에서 교통카드번호와 플랫폼의 보행이동상황을 보여주는 그림이다. ‘0223’은 2호선 단말기, ‘0330’은 3호선 단말기를 각각 표시한다. 2호선 ‘교대’는 상대식 플랫폼(Side Platform)으로, 3호선은 섬식(Island Platform)으로 각각 운영되고 있다. 따라서 2호선과 3호선을 연결하는 환승통로는 2개 방향으로 별도로 구성된다.



<Fig. 6> Seoul Metropolitan Subway Network and Seoul Nat'l Univ. of Education Station



<Fig. 7> Pedestrian Facilities in ‘Seoul Nat’l Univ. of Education’ Station

<Table 5>는 ‘교대’역을 통행하는 개괄적인 결과를 나타내고 있다. ‘교대’ 통과통행은 총 912,503(통행)으로 나타내며 이중 71.8%는 보행이 나타나지 않는 2호선 및 3호선 열차통과로 각각 417,925(통행)와 238,016(통행)으로 나타난다. ‘교대’을 중심으로 발생하는 보행은 총 257,192(통행)이 발생하며 이중 노선환승 137,437(통행) (53.4%), 역사환승 36,181(통행) (14.1%), 직승직하 83,574(통행) (32.5%)로 구성되고 있다.

<Table 5> Summary Result of Total Trip Generated in Seoul Nat'l Univ. of Education Station

Trip Type			Number of Trip (%)
Train Passing Trip	Line 2 - Line 2	417295 (63.7%)	655311 (71.8%)
	Line 3 - Line 3	238016 (36.3%)	
Walking Trip	Line Transfer	137437 (53.4%)	257192 (28.2%)
	Station Transfer	36181 (14.1%)	
	Straight R/A	83574 (32.5%)	
Total			912503 (100.0%)

R/A : Ride & Alight

3. 직승직하보행

<Table 6>는 8개의 방향별 직승직하보행통행을 보여주고 있다. 출발통행에서 2호선 교통카드번호 '0223' Tag-In하고 '교대'-2호선-'서초'를 초승하는 것으로 16,064(통행) 19.2%를 차지하고 있다. 도착통행은 '교대'-2호선-'서초' 방향에서 하차하여 '0223' Tag-Out이 15,865(통행) 19.0%로 나타나고 있다.

<Table 6> Straight Ride & Alight Trips in Seoul Nat'l Univ. of Education Station

Terminal No.		Train		Station-Station		Walking Trip
Number	Line	R/A Order	Line	From	To	
0223	2	First Ride	2	Seoul Univ.	Seocho	16064 (19.2%)
0223	2	First Ride	2	Seoul Univ.	Gangnam	12717 (15.2%)
0330	3	First Ride	3	Seoul Univ.	Nambu Bus T.	4200 (5.0%)
0330	3	First Ride	3	Seoul Univ.	Express Bus T.	11689 (14.0%)
0223	2	Last Alight	2	Gangnam	Seoul Univ.	12863 (15.4%)
0223	2	Last Alight	2	Seocho	Seoul Univ.	15865 (19.0%)
0330	3	Last Alight	3	Express Bus T.	Seoul Univ.	7622 (9.1%)
0330	3	Last Alight	3	Nambu Bus T.	Seoul Univ.	2554 (3.1%)
Total						83574 (100.0%)

Seoul Univ. : Seoul Nat'l Univ. of Education

Nambu Bus T. : Nambu Bus Terminal

Express Bus T. : Express Bus Terminal

4. 역사환승보행

<Table 7>은 '교대'의 역사환승인 출발환승과 도착환승보행의 세부결과를 보여주고 있다. 출발환승에서 가장 많은 통행은 '0223' Tag-In후 '교대'-3호선-'고속터미널'로 승차보행이며 8,850(24.4%) 통행이 발생한다. 도착환승은 '고속버스터미널'-3호선-'교대'에서 하차 및 '0223' Tag-Out 하차보행이며 13,204(36.5%) 통행으로 가장 많은 부분을 차지한다.

<Table 7> Station Transfer Trip in Seoul Nat'l Univ. of Education Station

Terminal No.		Train		Station-Station		Walking Trip
Number	Line	R/A Order	Line	From	To	
0223	2	First Ride	3	Seoul Univ.	Nambu Bus T.	4470 (12.4%)
0223	2	First Ride	3	Seoul Univ.	Express Bus T.	8850 (24.5%)
0330	3	First Ride	2	Seoul Univ.	Seocho	911 (2.5%)
0330	3	First Ride	2	Seoul Univ.	Gangnam	989 (2.7%)
0223	2	Last Alight	3	Express Bus T.	Seoul Univ.	13204 (36.5%)
0223	2	Last Alight	3	Nambu Bus T.	Seoul Univ.	6026 (16.7%)
0330	3	Last Alight	2	Gangnam	Seoul Univ.	522 (1.4%)
0330	3	Last Alight	2	Seocho	Seoul Univ.	1209 (3.3%)
Total						36181 (100.0%)

5. 노선환승보행

<Table 8>은 ‘교대’ 노선환승보행의 방향별 세부결과를 보여주고 있다. ‘고속버스터미널’-‘교대’-‘강남’의 3호선에서 2호선으로 23.0%인 31,669의 가장 많은 보행통행이 나타나고 있다. 반면 대칭통행인 ‘강남’-‘교대’-‘고속터미널’은 29,163(21.2%)으로 산정되어 강남방향의 통행이 8% 정도 높음을 알 수 있다. ‘강남’-‘교대’-‘남부터미널’간 통행은 2.8%-2.9%의 적은 통행이 발생하고 있다.

<Table 8> Transfer Trip between Lines in Seoul Nat'l Univ. of Education Station

Station-Station-Station			Walking Trip	Line	
From	Transfer	To		From	To
Gangnam	Seoul Univ.	Nambu Bus T.	3890 (2.8%)	2	3
Gangnam	Seoul Univ.	Express Bus T.	29163 (21.2%)	2	3
Express Bus T.	Seoul Univ.	Seocho	12871 (9.4%)	3	2
Express Bus T.	Seoul Univ.	Gangnam	31669 (23.0%)	3	2
Nambu Bus T.	Seoul Univ.	Seocho	20481 (14.9%)	3	2
Nambu Bus T.	Seoul Univ.	Gangnam	4027 (2.9%)	3	2
Seocho	Seoul Univ.	Nambu Bus T.	21537 (15.7%)	2	3
Seocho	Seoul Univ.	Express Bus T.	13799 (10.0%)	2	3
Total			137437 (100.0%)		

V. 결 론

교통카드를 이용하는 승객의 지하철역사내 보행동선을 관찰하기 위해서는 단말기진출입정보와 열차승하차정보가 동시에 필요하다. 그러나 교통카드는 단말기노선정보만을 포함하고 있어 승객의 열차이용에 대한 추가적인 검토가 필요하다. 본 연구는 승객이 출발역과 도착역간에 최소시간경로를 선택한다는 가정을 채택하였으며, 최소시간경로를 확률적으로 선별하는 유사경로탐색기법을 적용하였다. 산정된 경로는 최초 승객

의 탑승열차, 환승열차, 최종하차열차에 대한 파악을 통해서 직승직하보행, 역사환승보행, 노선환승보행의 3가지 보행흐름에 대한 규명이 가능하도록 활용되었다. 선후불 교통카드 일일이용 사례연구를 통하여 모형의 적정성을 확인하였다. 교대역을 중심으로 복잡하게 나타나는 보행흐름에 대한 통합적인 관찰을 수행하는 연구를 시행하였다.

본 연구는 우선 복합환승센터와 같이 역사의 보행흐름이 매우 복잡하게 전개되는 시설 및 영향권을 평가하기 위한 경로선택모형을 활용한 새로운 관점을 제시했다고 판단된다. 이는 복잡한 지하철역사에서 승객의 이동을 파악하는 근본적인 방법으로 적용이 가능하며 기존의 지하철역사의 승객이동은 직승보행, 직하보행, 노선환승보행, 노선이동보행으로 고려되었으나 여기서는 출발역사환승과 도착역사환승개념을 도입하여 이를 모형으로 연산하는 방안을 제시했다. 따라서 기존의 지하철승객이동이 저평가되는 문제를 미연에 방지하는 결론을 도출하였다. 한편 본 연구에서 승객흐름을 구분한 것이 1분단위의 지하철보행시설의 이동으로 표현될 수 있다면 이는 승객의 동적 흐름(Dynamic Flow)을 파악하는 기본연구로서 활용이 가능하다. 이는 지하철방재와 같이 승객의 흐름을 미연에 파악하여 정보를 제공하는 기초자료로서 개별승객의 흐름과 연관된 다양한 내용에 적용될 것으로 예측된다.

본 연구에서 지하철역사내 보행이동에 대한 거시적이고 이론적인 분석기반을 마련하였으나 다음과 같은 추가적인 작업이 요구된다. 우선 교대역의 그림에서도 나타나듯이 보행현상은 단말기위치와 열차승하차의 방향별 접근에 따라 매우 복잡하게 나타난다. 따라서 역사를 구체적으로 네트워크화하는 작업을 통하여 역사내부의 보행흐름에 대한 세분화 구축과정이 필요하다. 이를 위해서는 거시적으로 역사접근모형과 미시적으로 역사내부 보행배정모형에 대한 이론적이고 실제적인 반영이 요구된다.

REFERENCES

- Azevedo J. A., Costa M. E. O. S., Madeira J. J. E. R. S. and Martins E. Q. V.(1993), “An Algorithm from the Ranking of Shortest Paths,” *European Journal of Operational Research*, vol. 69, pp.97-106.
- Kirby R. F. and Potts R. B.(1969), “The Minimum Route Problem for Networks with Turn Penalties and Prohibitions,” *Transportation Research*, 3, pp.397-408.
- Lee M.(2004), *Transportation Network Models and Algorithms Considering Directional Delay and Prohibitions for Intersection Movement*, Ph.D. Thesis, University of Wisconsin at Madison.
- Lee M.(2017), “Transportation Card Based Optimal M-Similar Paths Searching for Estimating Passengers’ Route Choice in Seoul Metropolitan Railway Network,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 16, no. 2 pp.1-12.
- Martins E. Q. V.(1984), “An Algorithm for Ranking Paths That May Contain Cycles,” *European Journal of Operational Research*, vol. 18, pp.123-130.
- Shin S.(2004), “Finding the First K Loopless Paths in A Transportation Network,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 22, no. 6, pp.121-131.