

# 도시철도 역사의 환승 편의성 평가지표 연구

김황배\*

Kim, Hwang Bae\*

## A Study on Transfer Convenience Evaluation Indicators for Urban Railway Stations

### ABSTRACT

This study classifies the types of urban railway stations that reflect the location characteristics of urban railway stations, the structure and form of station taxes, and the number of users, and the level of inconvenience in the transfer movement line for users by station type, the number and connectivity of transfer information, and the level of transfer convenience facilities. The number of installations, conflicts between users, and transfer information signs were analyzed. As a result of data analysis, it was found that the factors that cause the most inconvenience to urban rail users when transferring are the length and curvature of the transfer line, pedestrian density and number of passengers in the transfer passage, presence or absence of transportation convenience facilities, and the size and height of transfer information letters. These transfer inconveniences were objectified, quantified, and presented as evaluation indicators that can measure the transfer convenience of urban railway stations. Additionally, an evaluation scale was developed to measure the service level for each evaluation indicator. The evaluation scale for each indicator presented six levels by applying linear interpolation based on the maximum and minimum values of data derived through field surveys. However, it is judged that a comprehensive evaluation of transfer convenience that combines the importance and weight of each convenience evaluation indicator should be established through future research.

**Keywords :** Transfer station, Measure of evaluation, Curvature of the line, Connection of transfer information, Comprehensive evaluation index

### 초록

본 연구는 도시철도역의 입지특성, 역사의 구조, 형태, 이용객 수 등을 반영한 도시철도역사의 유형을 분류하고 역사 유형별 이용자들의 환승이동 동선의 불편정도, 환승정보 수 및 연계성, 환승 이동편의시설의 설치 수, 이용자 간의 상충성, 환승안내정보 표지등에 대해 분석하였다. 자료 분석결과 도시철도이용자들이 환승할 때 가장 불편을 주는 요소들은 환승동선의 길이와 굴곡도, 환승 통로의 보행밀도와 상충자 수, 이동편의시설 설치 유무, 환승안내 문자의 크기나 높이 등으로 나타났다. 이들 환승 불편요소들을 객관화, 지수화하고 도시철도역의 환승 편의성을 측정할 수 있는 평가 지표로 제시하였다. 또한, 각 평가지표별 서비스 수준을 측정할 수 있는 평가척도를 개발하였다. 각 지표별 평가척도는 현장조사를 통해 도출된 자료들의 최대 및 최소값을 기준으로 직선 보간법을 적용하여 6단계를 제시하였다. 다만, 편의성 평가지표별 중요도와 가중치를 하나로 묶은 환승편의성 종합평가는 추후 연구를 통해 정립되어야 할 것으로 판단된다.

**검색어 :** 환승역, 평가척도, 노선 굴곡도, 환승정보 연계성, 종합평가 지표

\* 정희원 · 교신저자 · 남서울대학교 드론공간정보공학과 교수 (Corresponding Author · Namseoul University · 88guardian@naver.com)

Received August 30, 2023/ revised September 29, 2023/ accepted September 29, 2023

### 1. 서론

도시철도는 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설, 운영하는 철도, 모노레일, 노면전차, 선형유도 전동기, 자기부상열차 등 궤도에 의한 교통시설 및 수단을 말한다 (MOLIT, 2021). 도시철도 유형의 하나인 서울시 지하철은 2022년 기준 총연장 357.4 km에 337개 역사가 설치되어 있으며 이 중 123개 역이 2개 이상 노선이 교차하는 환승역이다. 환승역의 형태는 지하, 지상, 선상 형태로 이루어져 있을 뿐 아니라 노선간 연결 형태가 T형, L형 卍 형태로 설치되어 이용자들의 이동 및 환승 동선의 장대화, 굴곡화, 이용자간의 상충, 환승객들을 위한 환승정보의 연계가 부족하고 도시철도 이용객들의 불편성이 증대되고 있다. 서울시 대중교통 환승에 소요되는 시간은 평균 13.3분, 환승을 위한 이동시간은 평균 6.3분, 환승 교통수단을 기다리는 시간은 7분으로 나타났다. 특히, 도시철도 간의 환승시간은 평균 3.04분으로 국토교통부 환승 및 복합환승센터 설계지침에서 제시한 적정환승시간 3분을 초과하고 있다(Seoul Metro, 2021). 현재 진행되고 자자체 및 도시철도운영기관들의 환승 편의성 개선을 위한 사업은 역사 이용객들의 불편사항에 대한 평가없이 E/V 혹은 E/C 등 이동편의시설 중심으로 진행되고 있어 환승 불편성 개선에 한계가 나타나고 있다. 도시철도 이용자 수를 획기적으로 증대하여 대도시

권 교통문제를 도시철도 중심체계로 구축하기 위해서는 도시철도 역사의 이용 편의성을 획기적으로 개선하여야 한다. 편의성 개선은 역사별 물리적 구조 및 특성, 이용자 수 등을 반영한 역사유형별 맞춤형 개선방안의 마련이 필요하다.

본 연구는 도시철도역의 입지특성, 역세의 구조, 형태, 이용객수 등을 반영한 도시철도역사의 유형을 분류하고 역사 유형별 이용자들의 환승이동 동선의 불편정도, 환승정보 수 및 연계성, 환승 이동시설의 설치 수, 이용자 간의 상충성등에 대한 기존 조사자료를 분석하였다. 자료 분석결과 도시철도이용자들이 환승할 때 가장 불편을 주는 요소들은 환승 동선의 길이와 굴곡도, 환승 통로의 보행밀도와 상충자 수, 이동편의시설 설치 유무, 환승안내 문자의 크기나 높이 등으로 나타났다. 이들 환승 불편요소들을 객관화, 정량화 지수화하고 도시철도역의 환승 편의성을 측정할 수 있는 평가지표로 제시하였다. 또한, 각 평가지표별 서비스 수준을 측정할 수 있는 6단계 서비스 평가척도를 제시하였다.

### 2. 도시철도역 환승 관련 자료 조사 및 분석

#### 2.1 도시철도 역사의 유형 분류

도시철도는 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설, 운영하는 철도, 모노레일, 노면전차, 선형유도 전동기,

Table 1. Criteria for Classifying Urban Railway Station

Criteria for classifying types	Classification factor	Classification category
Physical condition	History function	Single, transit
	Historical location	Above ground, underground, on board, on board, overpass
	Historical structure	+ shape, t shape, l shape, duplex type, parallel type
	Platform type	Island, relative, complex

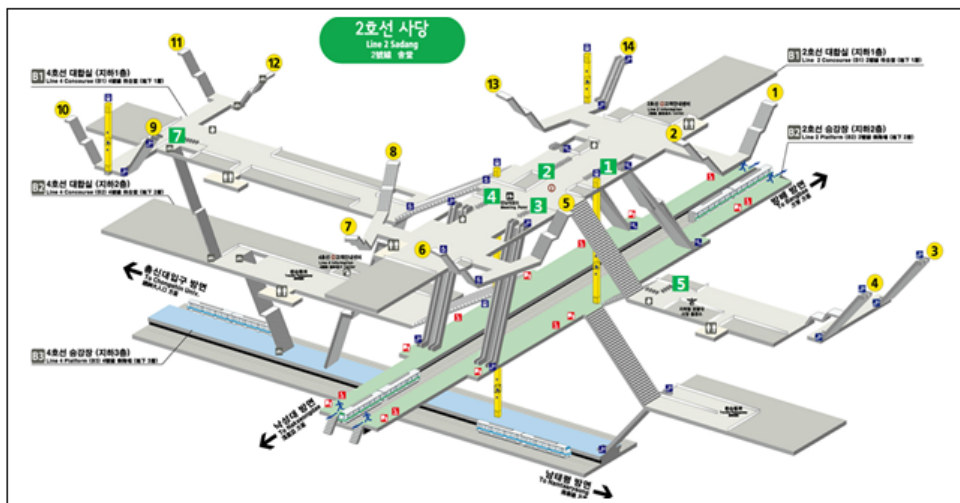


Fig. 1. Structure of Urban Railway Transfer Station (Sadang Station)

자기부상열차 등 궤도에 의한 교통시설 및 수단을 말한다(MOLIT, 2021). 도시철도역사는 역사의 위치, 기능, 역사의 구조, 승강장 형태, 설치지역, 입지 특성, 이용자 수 등에 따라 역사의 유형이 구분된다. 본 연구는 도시철도 환승에 대한 불편사항과 지표개발에 초점을 두고 있기 때문에 도시철도 유형 구분은 역사의 입지특성, 승강장형태, 역사의 구조 등 물리적 여건을 중심으로 역사의 유형을 분류하였다. Table 1은 도시철도역사 유형 분류 요소와 범주를 제시한 것이고 Fig. 1은 도시철도 환승역의 전형적인 내부 시설의 배치 및 3D 구조를 예시한 것이다.

## 2.2 도시철도의 환승 현황 조사

수도권에 입지한 도시철도역사의 환승시설 및 특성을 도출하기 위해 역사 기능, 역사 위치, 역사 구조, 승강장 형태 등 물리적 여건에 따라 도시철도 역사를 분류한 결과는 Table 2와 같다. 조사대상 역사 중 환승역사는 76개역, 지하 역사는 58개역, 역사의 구조가 T 자형 역사가 26개, 승강장 구조가 상대식인 역사가 44개로 구성되어 있다.

환승역사별 이용자 특성과 불편사항을 도출하기 위해 출입구, 개찰구, 환승통로의 이용자수, 환승통로, 환승목적지별 환승안내

**Table 2.** Metropolitan Area Urban Railway Station Type Classification

Division		Target history
History function	Single	Not applicable
	Transfer	Express Bus Terminal Station and 76 Stations
Historical location	High price	Not applicable
	Ground	8 stations including Geumjeong Station
	Underground	57 stations including Gangnam Station
	On board	Yongsan Station and 3 other stations
	Goodness	Seokgye Station
Historical structure	+character	16 stations including Gangnam-gu Office Station
	T-shaped	25 stations other than Gasan Digital Station
	L-shaped	Konkuk Univ. Station and 12 other stations
	Parallel	16 stations other than Noryangjin Station
	Duplex	Bokjeong Station, Shin Gil-yak, Jamsil Station
Platform type	Island + island	Geumjeong Station, Bokjeong Station, Chungjeongno Station
	Island + relative	18 stations other than Gyodae Station
	Relative expression + relative expression	Garak Market Station and 43 Stations
	Relative expression + relative expression + relative expression	Express Bus Terminal Station, Digital Media City Station, Sangbong Station
	Relative + relative + island	Not applicable
	Relative + Island + Island	Dongdaemun History and Culture Park Station and 6 other stations
	Island + island + island	Not applicable

**Table 3.** On-site Investigation of Transfer Facilities at Urban Railway Station and Contents

Investigation type	Investigation item	Survey method
User count survey	- Examination of entrances, ticket gates, transfer passages, and conflicting demands	On-site survey of the number of users during peak hours
Investigation of transfer information signs	- Investigation of transfer and route information signs for each floor of the station	On-site inspection of transit routes
Investigation of movement resistance by transfer route	- Investigation of convenience facilities on the route used from the departure point to the destination (distance, width, travel time, etc.) - Investigation of the number of users by mobile facility	Actual survey of travel distance and time between transfer facilities

표지판조사, 환승이동 경로별 거리, 시간등에 대한 조사항목과 방법은 Table 3과 같다. 현황조사 자료는 「도시철도 역사 이용객 편의성 향상 기술개발」 (KAIA, 2018)에서 수행한 현황자료를 활용하였다.

2.3 역사별 환승 불편 요소

수도권 도시철도 15개 역사의 환승동선 및 경로, 환승이용자 수 및 이용자간 상충수, 환승안내 표지, 환승편의시설 설치 등과 환승역사과 승강장 형태를 대비시켜 그룹화하면 4가지 유형으로 대별할 수 있다(Table 4). 유형 I 은 L자형과 T자형 결합 승강장 구조로 환승 경로의 굴곡도 및 이동거리 과다, 환승경로상 이용자 중복으로 보행자 상충 발생 문제가 나타났다. 목적지까지 이동하기 위한 환승안내 표지가 부족하여 환승 승강장 방향을 찾기가 어려운 것으로 나타났다. 유형 II는 복층·평행형 승강장 구조로 승강장간의 수직이동시설은 양호하나 평행한 승강장간의 환승동선이 길어 동선의 저항지수가 높고 환승 승강장 간의 안내정보의 연속성이 부족한 것으로 나타났다. 유형 III는 T형과 N자형 입체형 승강장 구조를 가진 역사로 환승 승강장 간 굴곡도가 높고, 환승연결 동선이 길어 환승시간이 많이 소요되는 것으로 나타났다. 또한, 환승 통로에

서 보행자들간의 상충이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 유형 IV는 입체적 평형 승강장 구조로 역사로 환승 승강장 간 수직이동시설이 부족하여 환승 이동 편의성의 문제가 있는 것으로 나타났다.

3. 도시철도 역사 환승 편의성 평가 지표 개발

3.1 환승 편의성 지표 설정 및 평가 척도

도시철도 역 현장조사 결과 환승 편의성의 요소는 환승 이동성, 환승의 상충성, 환승안내정보 등 3개 지표를 도출하였다(Table 5). 지표별 세부 평가는 환승동선의 굴곡지수, 환승 이동저항지수, 보행자 상충확률, 환승정보 부하량 지수, 환승이동편의시설 설치 지수 등을 정량화 지표로 개발하였다. 지표별 상대적인 만족도는 현장조사에서 도출된 자료를 표준화하여 6단계의 환승센터 편의성 평가 척도를 도출하였다.

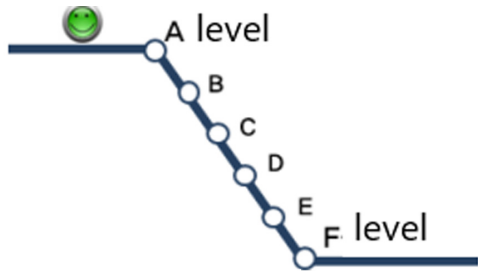
편의성 평가척도는 해당 지표별로 표준화된 자료의 최대 및 최소치를 A, F로 두고 중간값인 B-D 등급은 직선 보간법(알고 있는 데이터값들을 이용하여 미지의 중간값들을 직선의 기울기 값의 변화를 따라 추정하는 방법)을 적용하여 6단계로 평가 등급을 부여하였다(Fig. 2).

Table 4. Result of Analyzing Transfer Inconveniences by Urban Railway Station

Category	Target station	Inconvenience
I	Sadang Station	- Curvature of transfer movement lines such as transfer passages between stations, and excessive travel distance and time - mobility facilities (E/V) for the transportation vulnerable
	City Hall Station	- The transfer route is long and pedestrian conflicts occur on the route between transfer stations
	Jeongja Station	- Excessive conflict with pedestrians due to overlapping transfer routes and platform routes - Lack of transfer information
II	Chungjeongno Station	- Conflicts between pedestrians between underground platforms - Lack of transfer information signs between transfer platforms, lack of connectivity of transfer information
	Jamsil Station	- Excessive transfer distance between platforms, excessive transfer time, excessive curvature of transfer routes - Lack of transfer information signs between transfer platforms, lack of connectivity of transfer information - Overcrowding and conflicts in transfer passageways
III	Euljiro 4-ga Station	- The transfer passageway is long and has too many bends - Occurrence of conflict between pedestrians on the transfer line
	Dongdaemun History and Culture Park Station	- Complicated transfer line, excessive transfer distance and time - Insufficient number of transfer information signs between transfer platforms - Inappropriate location of transfer information text and signs
	Shift station	- Excessive conflict between pedestrians on transfer and movement passages - Excessive travel distance between transfer platforms due to L-shaped station structure - Lack of transfer information
IV	Dobongsan Station	- The transfer route is short, but the number of vertical movement facilities is insufficient - Lack of transfer guide signs and information

**Table 5.** Urban Rail Transfer Convenience Evaluation Index

Indicator item	Detailed evaluation index
Transfer line	Movement resistance index, copper winding index
Transfer information	Information load capacity index, transfer guidance sign size, guidance information installation height
Convenience of movement	Number of mobile convenience facilities installed (E/V, E/C, etc.), pedestrian conflict index



**Fig. 2.** Example of Quantification Evaluation Scale of Transfer Facility Evaluation Index

A 등급으로 두고 직선 보간법을 적용하여 중간값들에 대한 평가척도를 산정하였다. 굴곡도 지수를 이용한 편의성평가 척도는 굴곡도 1.3 미만인 환승동선은 A 등급, 굴곡도 1.9이상인 환승동선은 F로 평가한다(Table 6).

**3.3.2 환승 이동 저항 지수**

환승 이용자들의 이동저항에 대한 서비스 수준은 현장값들을 정산하고 표준화하여 환승시간의 최대값을 F, 최소값을 A 등급으로 두고 직선보간법으로 편의성 지표를 도출하였다. 환승이동저항 지수의 평가 척도는 환승시간이 57.6초 이하면 A 108.7초 이상이면 F로 환승 이동저항을 평가한다(Table 7).

**3.3 세부 평가지표별 평가척도의 적용**

**3.3.1 환승 동선 굴곡 지수**

환승 동선 굴곡지수는 도시철도역 현장 조사치에서 얻은 값들을 정산하고 표준화하여 환승동선의 굴곡도의 최대값을 F, 최소값을

**3.3.3 보행자 상충확률**

보행자 상충확률은 국토교통부의 환승센터 및 복합환승센터

**Table 6.** Transfer Circulation Curvature Evaluation Scale

Division	Curvature range	Division	Curvature range	Division	Curvature range
A	< 1.3	C	1.5~1.6	E	1.8~1.9
B	1.3~1.5	D	1.6~1.8	F	> 1.9

**Table 7.** Transfer Mover Resistance Index Evaluation Scale

LOS	Travel time(s)		LOS	Travel time(s)	
	Common	Transfer		Common	Transfer
A	≤ 108.7	≤ 57.6	D	≤ 434.8	≤ 95.9
B	≤ 217.4	≤ 70.4	E	≤ 543.5	≤ 108.7
C	≤ 326.1	≤ 83.2	F	≤ 543.5	≤ 108.7

**Table 8.** Pedestrian Collision Probability Index Evaluation Scale on the Transfer Line (Kim, 2012)

LOS	Pedestrian traffic rate (person/minutes/m)	Occupied space (m <sup>2</sup> /person)	Density (person/m <sup>2</sup> )	Speed (m/minutes)	Pedestrian collision rate(%)
A	≤ 17	≤ 4.0	≤ 0.25	≤ 83	≤ 30
B	≤ 28	≤ 2.2	≤ 0.44	≤ 80	
C	≤ 45	≤ 1.4	≤ 0.68	≤ 73	≤ 48
D	≤ 85	≤ 0.7	≤ 1.47	≤ 60	≤ 78
E	≤ 106	≤ 0.38	≤ 2.6	≤ 40	> 78
F	> 106	> 0.38	> 2.6	> 40	

설계 및 배치기준에서 제시한 환승동선 내 보행자들의 상층 확률을 적용하였다. 보행자 상층확률의 편의성 평가 척도는 보행자간 상층 확률이 30% 이하이면 A, 78% 넘으면 F로 평가한다(Table 8).

**3.3.4 환승정보 부하량 지수**

환승역사 현황조사에서 도출된 환승정보 표지판의 자료를 표준화하여 환승정보에 대한 부하량의 최대값을 A, 최소값을 F등급으로 두고 직선보간법을 이용하여 평가 척도를 산정하였다. 정보부하량의 편의성 평가는 환승정보가 11개 이상일 경우 A, 2개 미만일 경우 F로 평가한다(Table 9).

**3.3.5 환승 이동편의시설 설치 지수**

이동시설 설치 지수는 환승동선내 에스컬레이터와 엘리베이터 등 이동편의시설의 가동대수를 기준으로 서비스 수준을 평가하였다. 먼저 에스컬레이터 설치대수의 평가척도는 방향별 분당 환승이용객 설계수요에 따라 결정되는데 방향별 분당 이용자 수가 350명 이상일 때 에스컬레이터 가동대수가 3대 이상이면 A, 2대 미만이면 F로 평가한다(Table 10).

엘리베이터 가동대수의 평가는 5분당 설계수요와 15인승 엘리베이터를 기준으로 서비스수준을 평가하였다. 5분당 환승 이용자수 150인 이상인 경우 15인승 엘리베이터 13대 이상 설치되어 있으면 A, 2대 이하이면 F로 평가한다(Table 11).

**4. 결론**

도시철도의 특성, 역사의 물리적 구조, 이용객 수 등에 대한 현장조사를 기반으로 도시철도역사의 불편사항과 환승저항 요인을 분석하였다. 자료 분석결과 도시철도이용자들의 환승 편의성에 가장 영향이 큰 요소는 환승 동선의 굴곡도, 환승 동선의 주요 통로별 보행밀도와 상층수, 환승 정보 부하량, 환승안내 문자의 크기나 높이 등으로 나타났다.

도시철도역사 이용자들 환승에 가장 영향을 미치는 이러한 요소들을 환승편의성 평가지표로 제시하였다. 환승 편의성 평가지표는 환승동선 굴곡도 지수, 이용자 저항 지수, 보행자 상층 지수, 환승정보 부하량 지수, 이동편의 시설 설치 수 등이다. 환승 편의성 평가지표의 서비스 수준이 척도는 현황조사 자료를 표준화하여 각 지표별

**Table 9.** Transfer Information Load Evaluation Scale

LOS	Amount of information(count)	LOS	Amount of information(count)
A	< 12	D	≤ 7
B	≤ 11	E	≤ 4
C	≤ 9	F	2 <

**Table 10.** E/C Appropriate Number of Installations Considering Walking Demand Per Minute by Direction

Design demand per minute by direction	Number of planned E/C installations per direction (units)					
	A	B	C	D	E	F
≥ 350	≥ 3	≥ 3	≥ 2	≥ 2	≥ 2	< 2
350~250	2~3	2~3	2	1~2	1~2	1
250~100	2	1~2	1~2	1	1	1
≤ 100	1 ≤	1 ≤	1 ≤	-	-	-

**Table 11.** Appropriate Number of E/V Installations Per Walking Demand Per 5 Minutes

Design demand per 5 minutes	Number of E/V installations (units)_Based on 15 passengers					
	A	B	C	D	E	F
≥ 150	13	10	8	5	2	< 2
125~150	11	9	6	4	1	-
100~125	9	7	5	3	1	-
75~100	7	5	4	2	1	-
50~75	4	3	3	2	1	-
≤ 50	2	2	1	1	-	-

최대 및 최소값을 A와 F로 두고 중간값인 B-D는 직선 보간법을 적용하여 6단계로 평가하는 평가척도를 개발하였다(Fig. 2). 예를 들어 환승동선 굴곡도 지수의 LOS A는 굴곡도 1.3 이하이고 F는 1.9로 나타났다(Table 6). 이동 저항지수는 LOS A는 환승시간 108초 이하이고, 보행자 상충률의 LOS A는  $m^2$ 당 분당 보행자 수가 17명 이하이다(Table 8). 정보부하량 지수의 LOS A는 11개 이상일 경우로 평가한다(Table 9). 이동시설에 의한 편의성은 에스컬레이트의 경우 방향별 분당 보행자 수가 350인 이상인 경우 3대 이상일 경우 LOS A로 평가한다(Table 10). 본 연구는 도시철도역 이용자들을 동선, 이용자수, 환승정보 등을 기반으로 환승 편의성 지표를 개발하고 각 지표별 상대적인 평가지표를 개발하였으나 한정된 현장 조사치를 활용하여 개발된 평가 척도인 만큼 향후 더 많은 자료의 분석과 통계이론을 접목한 정규화 및 표준화 과정을 통해 좀 더 일반화 된 평가척도의 재 정립이 필요하다. 또한 AHP 평가 등을 통해 환승 지표별 상대적 중요도를 가중치로 반영한 도시철도역 통합 환승 편의성 평가 지표의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

## References

- Kim, S. M. (2012). *The Study on the level of service standard evaluation with the walkway through the pedestrian conflicting analysis*, Msc. Thesis, University of Seoul (in Korean).
- Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) (2018). *Improvement of convenience for urban railway station passengers*, 16RTRP-B067918-04 (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2021). *Guidelines, Types and definitions of railways* (in Korean).
- Seoul Metro (2021). *Information of transfer station distance and time required to transfer*, Available at: <http://data.seoul.go.kr/dataList/OA-13290/F/1/datasetView.do> (Accessed: May 20, 2023) (in Korean).