

## 운영환경을 고려한 도시철도 정시성에 관한 연구

## A Study on Urban Railway Punctuality Considering Operational Factors

임국현\*, 김 현\*<sup>†</sup>Gukhyun Lim \*, Hyun Kim \*<sup>†</sup>

**Abstract** Expansion of urban railway network, such as the Seoul Subway Line 9 and Shinbundang Line, has affected the railway operation. The new operational factor has changed the railway route choice, transfer pattern, and the train line choice. However, the platforms are crowded and the trains packed. For instance, it is reported that certain railway links are packed to 250% of their capacity during certain hours. The congestion has an influence on the punctuality of train operations; as a result, degradation of capacity is the cause of the increasing overcrowding. Current standardized examination of urban railway punctuality is conducted without considering various operational factors, where it is problematic to evaluate punctuality as the most accurate approach. This study describes a method to examine punctuality while reviewing some operational factors such as distance of train operation and number of passengers. The punctuality of Seoul urban railway for particular operational links is analyzed considering the past delay records and expected operational timetable.

**Keywords** : Punctuality, Operational Factors, Passenger, Distance, Loss time

**초 록** 도시철도는 서울도시철도 9호선 연장, 신분당선 개통 등 수도권 철도망이 지속적으로 확충되어 경로선택의 다양화와 급행/완행의 열차선택 등과 같은 서비스 다양화가 가속화되고 있다. 이 중 일부 시간대의 특정 노선구간은 열차혼잡이 250% 이상으로 보고되고 있으며, 열차혼잡은 플랫폼에서 승객의 하차와 승차 시간이 증가하게 되어 열차운영의 정시성에 영향을 미치고 있다. 결과적으로 승강장과 열차의 혼잡은 열차운행 빈도에 영향을 주면서 열차혼잡을 더욱 가중시키고 있다. 현재 도시철도의 정시성 평가는 운영환경을 고려하지 않은 획일적인 방법으로 평가되고 있다. 이러한 평가방법은 운영환경이 다른 노선끼리 정시성을 비교하는데 한계를 가지고 있다. 본 논문에서는 노선별 영업거리, 승객 수(승차기준)를 고려해 계획된 열차운행에 대해 조사하여 정시성을 평가하는 방안을 제안하고자 한다.

**주요어** : 정시성, 운영환경, 승객, 영업거리, 손실시간

## 1. 서 론

일반적인 철도의 정시성지표는 전체 열차 운행에 대해 정시성이 지켜지지 않은 열차운행의 비율로 정의하고, 정시성이 지켜지지 않은 열차운행 기준은 운행계획보다 5분 이상

<sup>†</sup> 교신저자: 한국교통연구원 철도교통본부(hyun\_kim@koti.re.kr)

\* 한국교통연구원 철도교통본부

지연된 열차로 권고하고 있다[1]. 국내 도시철도의 정시성에 관한 측정방법은 “철도사고 보고 및 조사에 관한 지침” 제3조 6호에서 규정하고 있는 운행장애에 대한 기준을 적용하여 10분 이상 지연된 열차운행 비율을 조사하는 방식이 적용되고 있다. 대중교통 운영자에 대한 경영 및 서비스 평가에서는 이 기준을 적용하여 도시철도 운영 기관에 대한 정시성지표를 발표하고 있다[2]. 이 평가에서는 도시철도를 운영하는 모든 기관에 대해서 만점에 가까운 정시성지표를 부여했다. 이러한 평가방법으로는 도시철도 운영기관의 정시성에 대한 우열을 평가하는 데 한계가 있다. 이는 영업구간과 이용객 규모 등이 서로 다른 환경으로 운영 중이지만 동일한 기준으로 평가하고 있기 때문이다.

본 논문에서는 노선 영업 거리, 이용객 규모, 열차운전계획 대비 실제 열차운영 실적 등을 고려하여 정시성지표를 제안하고, 서울 도시철도의 일부 노선을 대상으로 실증 분석하였다. 또한, 이 결과에 근거하여 정시성지표의 적용성에 대해 평가하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 기존문헌 고찰

도시철도의 정시성에 미치는 요소에 관한 선행연구로 Nils O.E Olsson(2004)은 노르웨이 오슬로 사례를 통해 도시철도의 정시성에 영향을 주는 요소로 도시철도 용량, 승차차 인원, 철도공사, 가감속도 등이 있다고 분석하였다. 그리고 엄진기(2012)는 인천 1호선 구간의 스마트카드 데이터를 활용해 도시철도 서비스를 평가하는 방안에 대해서 제시하였으며, 이를 통해 차내 혼잡도와 정시성 간에는 밀접한 연관이 있는 것으로 분석하였다.

도시철도의 정시성을 제고하기 위한 방안에 관한 선행연구로 김종운(2011)은 UIC-Code 450-2에서 규정하는 정시성을 만족하지 못할 경우에 운영기관에 페널티를 부과하는 방안으로 서비스 신뢰도를 증진하는 방안에 대해서 제안하였으며, 김봉건(2013)은 기관사와 승강장의 대기 승객에게 출입문 닫힘 예고시간을 제공하여 정시성을 제고하는 방안을 제시하였다. 그리고 I.A.Hansen (2001)은 정시성을 제고하기 위한 방안으로 무인운전을 제안하였다.

기존의 연구들은 정시성에 영향을 미치는 요소들에 관한 연구와 정시성을 제고하기 위한 방안들에 관한 연구가 주를 이루고 있으며, 정시성의 평가에 대해서는 서론에서 제시한 평가방법을 적용하고 있다. 본 논문은 운영환경이라는 특성을 반영하여 정시성을 평가하는 방법에 관한 연구로 기존의 연구들과 차별성이 있다.

### 2.2 운영환경을 고려한 정시성 평가 방법

기존 평가방법의 문제점을 보완하기 위하여 운행시간표의 출발시각과 실제 열차의 출발시각의 차이로 발생하는 손실시간과 역별 승차인원, 영업거리를 활용한 정시성 평가 방법은 다음과 같다.

역별 평균 손실시간( $T_i$ )는 운행계획표 출발시각( $t_i$ )과 실제 열차 출발시각( $t_i'$ ), 열차운행횟수( $N$ )를 통해 계산한다.

$$T_i = \sum_{j=1}^n \frac{t_j' - t_j}{N} \quad (1)$$

그리고 역별 평균 손실시간으로 역간 평균 손실시간( $T_{ij}$ )를 계산하고, 역간 승차인원( $O_{ij}$ )를 활용해 승객의 역간 평균 손실시간( $C_{ij}$ )를 계산한다.

$$T_{ij} = T_j - T_i \quad (2)$$

$$C_{ij} = T_{ij} \times O_{ij} \quad (3)$$

마지막으로 승객의 역간 평균 손실시간의 총합을 영업거리( $L$ )로 나누어 정시성지표( $P$ )인 km당 승객 손실시간을 계산한다.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij}}{L} \quad (4)$$

### 2.3 운영환경을 고려한 정시성 평가 사례 분석

2014년 12월 23일에 서울 도시철도 5678호선을 대상으로 조사된 실제 열차 출발시각과 역간 승차인원 자료를 활용하여 운영환경을 고려한 정시성에 대해서 평가하였다. 열차의 시종점인 역에서는 열차 내부 청소와 시스템점검 등의 이유로 출발시각 수집에 오류가 발생하여 평가에서 제외하였다.

서울 도시철도 8호선의 하선(암사역~모란역)에 대해서 운영환경 중 승객 수를 고려하였을 때와 고려하지 않았을 때의 손실시간의 차이를 <Fig 1>에서 확인할 수 있다.

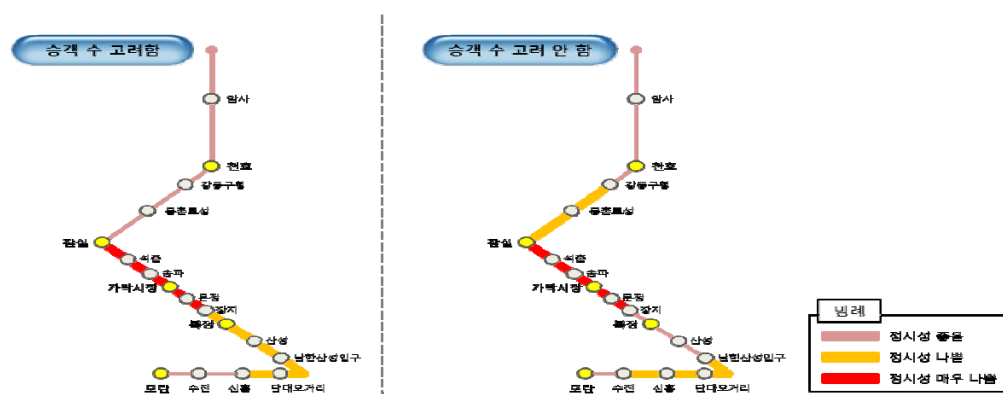


Fig. 1 Punctuality Assessment Case Analysis (Line 8 down tracks)

승객 수에 대한 고려에 따라 손실시간이 높은 구간이 변하는 것을 확인할 수 있다. 천호역에서 잠실역 구간은 승객 수가 많으므로 열차의 정시성에 민감하게 반응한 것으로 분석된다.

서울도시철도 5678호선에 대한 사례분석 결과는 <Table 1>에서 확인할 수 있다.

**Table1.** Line5678 Punctuality Assessment Case Analysis

Division	Total Boarding passenger (persons)	Total loss time (min)	Operating distance (km)	Punctuality indicators (loss time / km)	Notes
Line 5	242,228	66,460	43.2	1,538	강동-마천 구간 제외
Line 6	103,102	7,051	26.9	262	구간-역촌 구간 제외
Line 7	368,817	126,529	54.8	2,309	
Line 8	45,477	5,593	15.4	363	

※ 영업거리는 시종점 역을 제외한 거리

평가방법의 정시성지표(km당 손실시간)를 통해 6,8호선의 정시성이 5,7호선 보다 좋은 것으로 분석되었다. 이는 5호선과 7호선의 경우 승객 수가 많으므로 차량의 정시성에 민감하게 반응하는 것으로 분석된다. 그러나 6호선과 8호선의 사례를 통해서 승차인원이 많다고 km당 손실시간이 낮은 것이 아니라는 것을 확인할 수 있다.

평가방법에서 제시하고 있는 정시성지표를 열차 정시성의 절대적인 기준으로 평가할 수는 없지만, 사례에서 분석한 바와 같이 다른 노선과의 상대적인 비교를 통해 노선의 정시성에 대한 평가가 가능할 것으로 생각된다.

### 3. 결론

본 논문에서는 기존의 도시철도 정시성지표의 정책적 한계점에 대해서 검토하고, 이를 보완하기 위한 방안으로 노선 영업 거리, 이용객 규모, 열차운전계획 대비 실제 열차운영 실적 등을 고려할 수 있는 정시성지표를 제안하였다. 기존에는 열차가 계획된 시간에서 기준시간 내에 통과하는지에 대한 정성적인 평가방법이지만, 본 논문에서 제안한 정시성지표는 상대적인 비교가 가능한 정량화 평가방법에 해당한다. 또한, 재차인원이 높은 특정 시간대와 구간에 대해서는 상대적으로 민감한 정시성 평가가 가능하며, 운영구간의 영업 거리를 고려하였기 때문에 서로 다른 도시철도의 운영환경 차이를 반영할 수 있었다.

이러한 정시성지표를 통해 정시성이 좋지 않은 구간의 열차 혼잡을 관리하기 위해 안전요원 배치와 승강장 미터링 기법 등의 적용성을 판단할 수 있으며, 현재보다 효율적인 경영환경을 구축할 수 있을 것으로 생각된다.

향후 연구과제로는 서비스를 받은 이용객들의 정시성에 대한 조사를 수행하여, 정시성 지표에 대해서 상대적인 비교만이 아니라 절대적인 평가가 가능하도록 보완하는 연구가 수행되어야 한다.

## 참고문헌

- [1] UIC Code 450-2 (2009), International Union of Railways, Assessment of the performance of the network related to rail traffic operation for the purpose of quality analyses-delay coding and delay cause attribution process.
- [2] Korea Transportation Safety Authority (2006), Public transportation services research and evaluation, MOLIT.
- [3] Nils O.E. Ollson (2004), Influencing factors of train punctuality-results from some Norwegian studies, Transport Policy, 11, pp.387-397.
- [4] Jin Ki Eom (2012), Evaluation of Metro based on Transit Smart Card Data-A Case Study of Incheon Line 1, Journal of the Korean Society for Railway, 15(1), pp.80-87.
- [5] Jong-Woon Kim (2011), Setting the Service Reliability Target for Meeting the Punctuality Requirement of the Railroad System, Journal of the Korean Society for Railway, 14(1), pp.6-10.
- [6] Bong-Geon Kim (2013), Doors closing time notice system, 2013 Autumn conference of the Korean society for railway, pp.401-406.
- [7] I.A.Hansen (2001), Improving railway punctuality by automatic piloting, Intelligent Transportation Systems, pp.792-797.
- [8] Jong-Hyung Kim(2015), Analysis of the Peak Hour Delay of Urban Rail in Incheon, 2015 Autumn conference of the Korean society for railway, pp.310-314.