

도시철도 혼잡도 기준 개선방안 연구
-온도, 습도를 고려한 체감혼잡도 모형개발을 중심으로-
The Study for Improvement plan of Congestion Criteria in Urban Railway

주재영*, 이지환*, 이장호**†

Jae-Young Joo*, Ji-Hwan Lee*, Jang-Ho Lee**†

Abstract Put abstract text here. Format the abstract in Times New Roman, 11-point size. The length of abstract should not exceed 8 lines in the final manuscript template. The abstract is one paragraph (not an introduction) and compete in itself (no reference numbers, figures, tables are cited). It should indicate subjects dealt with in the paper and state the objectives of the investigation. Newly observed facts and conclusions of the experiments or arguments discussed in the paper must be stated in summary form; readers should not have to read the paper to understand the abstract. Provide five to ten keywords (not to exceed one line) below the abstract. Format the keywords strictly following the examples provided herein.

Keywords : Manuscript preparation, Template, Paper title, Railway technology, Key words

초 록 우리나라의 도시철도 운영기관들이 제공하는 열차의 평균혼잡도 정보는 승객들이 실제 느끼는 정확한 열차별, 객실별 혼잡도 정보를 제공할 수 없어 체감혼잡도 모형 개발이 필요하다.

본 연구는 승객의 점유면적(m²/인)과 기상청의 불쾌지수 계산식을 활용하여 체감혼잡도 모형을 개발하였다. 또한, 혼잡도와 불쾌지수의 상대적 가중치 설정을 위해 불쾌지수 값을 4 단계로 구분하고 CVM (조건부가치측정법)을 활용하여 설문조사를 실시하였다. 조사결과 불쾌지수 변화율이 클수록 지불의사용의액이 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 체감혼잡도 모형 적용을 위해 분당선(보정→선릉)러시아위시간대의 체감혼잡도와 평균혼잡도를 비교분석하고 해당 노선의 체감혼잡도 값을 구하였다.

주요어 : 평균혼잡도, 체감혼잡도, 불쾌지수, 지불의사용의액

1. 서론

지금까지 도시철도에서는 새로운 노선을 건설하거나 복복선으로 선로 확장, 역사 신설 등과 환승통로, 출입구 확장 등 역사 개량, 추가 열차 투입을 하는 등 늘어난 수요에 충분히 대처할 수 있는 용량을 확보하는 물리적인 방법으로 혼잡도를 관리운영하고 있다. 이는 물리적, 공간적, 경제적 측면에서 혼잡도 개선의 한계에 직면하게 되었고 이를 해결하기 위한 개선방안이 필요한 시점이다. 따라서 국토교통부에서는 도시철도의 혼잡도 개선을 위해 물리적 방법이 아닌 ICT 를 활용한 혼잡관리시스템을 개발, 혼잡정보를 도시철도 이용객에게 제공하여 자발적 혼잡정보시스템 이용으로 도시철도 이용객들이 실제 체감하는 혼잡도를 낮추는 방안을 연구 중에 있다. 이와 같이 혼잡도 개선과 고객서비스 측면을 고려할 때 도시철도

† 교신저자: 한국교통대학교 철도시설공학과(transwho@ut.ac.kr)

* 서울메트로 사업수행센터, 정보통신사업소

이용객에게 정확한 열차 및 역사의 혼잡정보 제공은 필수조건이라 할 수 있으나, 현재 도시철도운영기관들이 사용하는 평균혼잡도방식은 열차별, 객실별 정확한 혼잡도 정보를 제공할 수 없어 설득력이 떨어진다.

본 연구에서는 도시철도 시간별, 계절별 기후 특성을 반영할 수 있는 열차에서 이용객들이 실제 느끼는 혼잡도, 즉, 체감혼잡도 모형개발과 모형을 적용하여 열차 객실의 체감혼잡도와 평균혼잡도를 비교분석 하고자 한다.

2. 본론

2.1 도시철도 체감혼잡도 모형개발

2.2.1 모형 설정

모형 설정을 위해 서울메트로의 2008년부터 2013년 동안의 민원통계를 근거로 혼잡도와 관련된 영향인자를 조사하였다. 조사 결과 전동차 냉난방관련 민원사례가 가장 많았으며 2008년의 경우 692건으로 25.56%(전체 민원 2,704건)를 차지할 정도로 많았으며 지속적인 관리와 개선으로 건수는 줄었으나 여전히 많은 민원사례를 보이고 있다. 본 연구에서는 도시철도 이용객의 온도, 습도 조절의 요구사항이 많은 것과 기술적 실현가능성(측정가능성, 제어가능성)을 고려하여, 점유면적(m²/인), 온도, 습도를 영향인자로 반영하여 체감혼잡도 모형 설정 변수로 정하였다.

2.2.2 모형구조

앞에서 도출한 혼잡도 영향인자(온도, 습도)를 반영하여 체감혼잡도 모형을 도출하였다. 체감혼잡도란 각 열차 객실별 이용승객 수와 불쾌지수에 따른 가중치를 두어 혼잡도, 즉, 실제 객실에 탑승한 승객이 객실별 전동차 환경(정원대비 승차인원, 온도, 습도 등)이 반영된 승객에 실제 체감한 혼잡도를 말한다. 여기서 불쾌지수(K)란 사람이 불쾌감을 느끼는 정도를 기온과 습도를 이용하여 나타내는 수치로 나타낸다. 기상청에서 사용하는 불쾌지수에 대한 산식과 기준은 아래와 같다.

- 불쾌지수(K) = $9/5 T - 0.55(1 - RH)(9/5T - 26) + 32$ (T : 기온(°C), RH : 상대습도(%))

Table 3 Temperature-Humidity Index

Stage	Index	Description
Very High	Over 80	All feel uncomfortable
High	75~80	50% feel uncomfortable
Moderate	68~75	Starting to feel uncomfortable
Low	Under 68	All feel comfortable

출처: KMA homepage

불쾌지수기준 (k0)는 기상청 발간자료 「생활기상이야기」(2004년)에서 제시된 전원 쾌적할 때 온도(T) 22°C, 상대습도(RH) 52%의 조건과 수도권 열차 냉난방 온도 기준에서 중간값(22°C) 적용하여 68로 정하였다. 불쾌측정지수(k1)는 객실별 측정된 온도 및 습도를 불쾌지수로 환산한 값(68 ≤ K1 ≤ 80) 체감혼잡도의 영향 범위는 차내 온도습도의 화폐가치화 값을 설문조사를 통하여 가중치를 정하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 객실혼잡은 객실별 승차인원에서 좌석수를 제외한 값에 객실별 입석정원으로 나눈 값을 말한다.

$$\bullet \text{ 객실혼잡(C)} = \frac{\text{객실별 승차인원} - \text{객실별 좌석정원(명)}}{\text{객실별 입석정원(명)}}$$

체감혼잡도는 객실혼잡 값에 불쾌지수를 더한 값을 백분율로 나타낸 값을 말하며 계산식은 아래와 같다

$$\bullet \text{ 체감혼잡도(TC)} = (\text{객실혼잡(C)} + (\text{불쾌지수(K)}) \times 100 \\ = (C + (a((K1-K0)/100))) \times 100$$

(C:객실혼잡, K0:불쾌기준지수(68), K1:불쾌측정지수(68≤K1≤80))

2.2.3 설문조사 및 결과

도시철도를 이용하는 수도권 일반시민들을 대상으로 차내 혼잡에 대해 느끼는 불쾌감을 화폐가치를 추정하기 위해 2015년 3월 10일~2015년 3월 24일에 걸쳐(지면에 의한 CVM(Contingent Valuation Method : 조건부가치측정법)을 활용하여 설문조사를 실시하였다. 본 연구에서는 전동차 불쾌지수에 대한 환경변화(온도, 습도)의 상황별 시나리오를 제시하고, 응답자는 전동차 내의 환경변화에 따른 자신의 추가요금 지불금액 선호를 표현하는 방식으로 진행되었다.

Table 4 Discomfort Index in Train(A, B, C, D)

Stage	Temperature (°C)	Humidity (%)	Discomfort Index	Description
A	22	50	67.9	All passengers feel comfortable
B	25	60	72.8	Some passengers start to feel uncomfortable
C	27	75	77.5	50% of passengers feel uncomfortable
D	30	95	85.2	All passengers feel uncomfortable

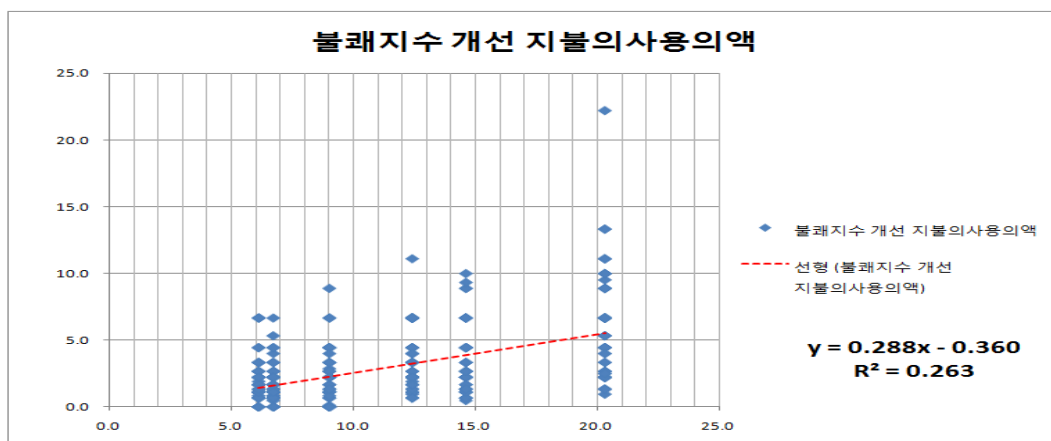


Fig. 1 Willingness to pay for improving temperature-humidity index

앞에서 승객들의 혼잡도 감소에 대한 지불용의액은 통행시간에 비례하며, 불쾌지수 변화율에 따라 지불용의액이 다른 것으로 나타났다. 차내 불쾌지수 개선에 따른 지불의사용의액은 D→A 로 환경변화가 있을 시 302 원으로 가장 많았으며, C→A(159 원), D→B(168 원), B→A(86 원), C→B(91 원), D→C(96 원) 순으로 조사되었다.

철도사업(예비)타당성조사의 편의 산정방안 개선연구 중 여객 쾌적성 가치부문혼잡도지불의 사금액은 0.0985원/분을 얻었으며 불쾌지수개선지불의사용의액은 0.288x -0.360원/분으로 추정 결과값을 얻었다.

상대적 가중치 값을 구하기 위해 혼잡도와 불쾌지수를 각각 10%개선할 때 혼잡도지불의사 금액은 0.985원/분이고 불쾌지수개선지불의사용의액은 2.52원/분이 된다. 따라서, 혼잡도개선대 비 불쾌지수개선의 상대적 가중치 (a)는 2.558값을 얻었다.

2.2 모형의 활용

본 연구에서 개발된 모형의 활용을 위해 함대주(2008 년, 한국철도학회)에 ‘승객 수에 따른 전동차 객실공간의 온도변화 특성 연구’결과를 바탕으로 분당선(보정→ 선릉)러시아워시간대의 체감혼잡도와 평균혼잡도를 비교분석하고 해당 노선의 체감혼잡도 값을 구한 결과 Fig. 2 와 같은 결과를 얻었다.

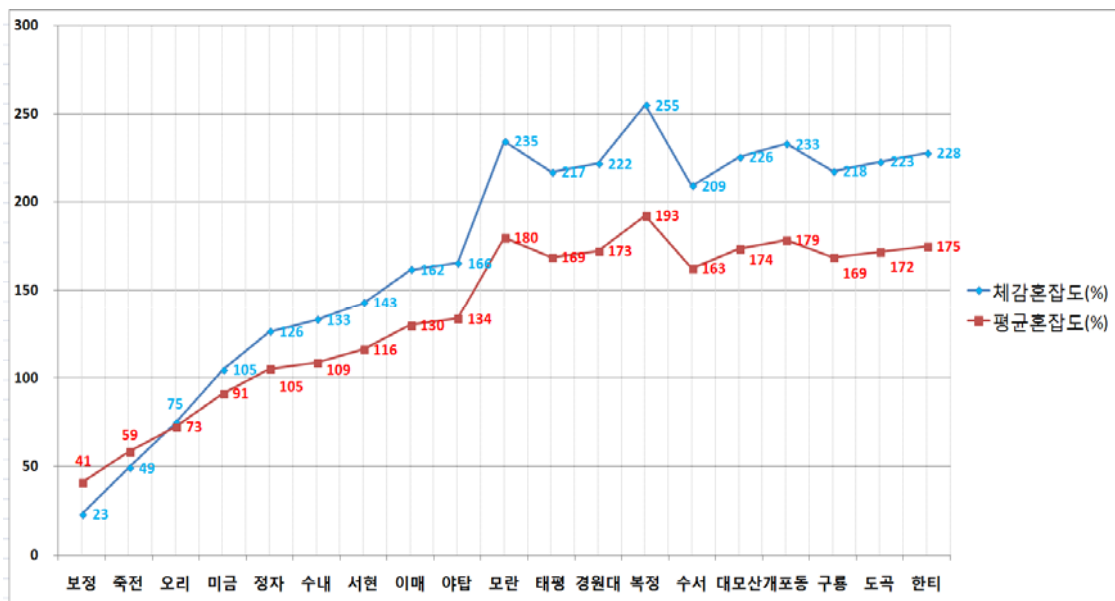


Fig. 2 Effective and Average Crowdedness in Bundang Line

체감혼잡도 모형을 적용한 결과 값은 저역대역에서는 체감혼잡도가 낮은 반면 75%를 기점으로 체감혼잡도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 이는 객실별 재차인원에 따른 전동차 환경(온도, 습도)변화에 따라 체감혼잡도가 증가함을 알 수 있었다. 본 구간의 운행 중 측정된 평균혼잡도와 체감혼잡도의 차이 값은 오리역이 최소값(2%)을 보였으며 북정역에서

체감혼잡도 255%, 평균혼잡도 193%로 62%의 차이로 최대를 보였다. 또한, 이 노선의 평균혼잡도 값은 130%이며 체감혼잡도는 162%로 32%의 차이가 존재함을 알 수 있었다.

3. 결론

도시철도 체감혼잡도 모형을 개발을 위한 객실혼잡과 혼잡도의 영향인자로 온도, 습도를 고려하여 모형구조를 설정하였다. 객실혼잡은 실제 승객이 체감하는 점유면적(m^2 /인)으로 하며 불쾌지수는 기상청에서 사용하는 산정식을 적용하였고, 승객들의 혼잡도 감소에 대한 지불의사용의액은 통행시간에 비례하며, 불쾌지수 변화율에 따라 지불의사용의액이 다른 것으로 나타났다. 혼잡도 10%개선할 때 혼잡도개선대비 불쾌지수개선의 상대적 가중치 (a)는 2.558 값으로 구하여 모형식을 완성하였다. 구해진 체감혼잡도 모형식을 적용을 위해 분당선(보정→선릉) 러시아워시간대의 체감혼잡도와 평균혼잡도를 비교분석하고 해당 노선의 체감혼잡도 값을 구하였다.

본 연구를 통해 열차의 재차인원과 계절별, 기후별 체감혼잡도에 대응되는 온도, 습도를 적절하게 조절하여 도시철도 이용고객에게 적절한 서비스 할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- [1] D. J. Ham , D. S. Park, S. W. Nam, H. Y. Maeng (2008) *A Study on the Temperature Variation Characteristics of Electric Car Depending on Passenger Number*, Proceedings of 2008 Autumn Conferences of the Korean Society for Railway
- [2] D. S. Nam (2014) *Crowdedness Analyzing Method and Criteria offered by Urban Railway Operators*, The Korean Society for Urban Railway
- [3] H. M. Kim (2014), Passenger preference for a specific car of a metro train during the morning peak hours, Master Thesis in Joongang University.
- [4] The Korea Transport Institute (2008) *Improving the Estimating Techniques of Benefit in the (Pre) Feasibility Survey of Railway Project*, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, pp. 173-216
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013) *Standard Specification of Rolling Stocks in Urban Railway*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport
- [6] Korea Meteorological Administration, www.kma.go.kr