

AFC기반 지하철 네트워크 Digital Twin 시스템 구축을 위한 선별노선-역사분석기법 Toward Selected Line and Station Analysis for Implementing Digital Twin System of AFC Based Subway Network

이미영*, 신성일**, 이창훈†

Mee-young Lee*, Seong-il Shin**, Chang-hun Lee†

초 록 AFC기반 네트워크에서 통용되는 자료는 개별승객흐름을 빅데이터 차원에서 관리상황이 가능하게 한다. 본 연구는 이러한 분석이 지하철 네트워크를 통하여 선별노선분석(SLA) 및 선별역사분석(SSA)을 활용하는 방안을 검토한다. SLA는 링크(역-역) 또는 노선부분경로에서 개별승객흐름을 분석한다. SSA는 역사내부에서 보행 및 열차이동을 재현한다. SLA와 SSA는 열차 및 역사에서 승객이동상황을 모사하는 것을 가능하게 한다. 따라서 수도권 전체 AFC시스템의 지하철의 폐쇄된 공간으로 제약된 상황에서 승객이동상황을 재현하는 이론적 토대가 가능하다. 연구는 수도권 통합요금체계에서 통용되는 AFC기반의 지하철네트워크를 대상으로 실시간 재현을 위한 Digital Twin 구축을 가정하고 통합된 선별노선-역사분석기법을 제안하고, 구축 시스템의 활용방안을 검토한다.

주요어 : 선별노선분석, 선별역사분석, AFC, 지하철네트워크, Digital Twin

1. 서 론

AFC(Automatic Fare Collection)기반 지하철 네트워크는 단말기ID기반으로 이해과정이 요구된다. 개별승객이 단말기에 교통카드를 접촉하는 과정에서 이용수단, 노선, 통과시간의 정보가 생성된다. 교통카드로 구축되는 지하철네트워크의 Digital Twin을 구축하기 위해 개별승객의 노선이용과 역사이용의 흐름을 선별노선분석은 승객의 열차이동을 선별역사분석은 역사는 보행이동과 열차이동을 동시에 파악하게 한다.

2. 교통망 네트워크의 선별분석

2.1 교통망 선별분석 (Selected Analysis)

† 교신저자: 서울교통공사 도시철도연구원
(Chlee1259@seoulmetro.co.kr)

* 국토연구원 국토환경·자원 연구본부

** 서울연구원 교통시스템연구실

2.1.1 선별링크분석

선별링크분석(Selected Link Analysis : SLA)는 교통망 최적화이론에서 특정링크를 통과하는 수요를 출발지와 도착지에서 관점에서 분석하는 것으로 제안되었다. <Fig. 1>는 특정링크와 회전을 출발지①과 도착지②를 연결하는 복수의 경로(1-k)통행량으로 나타내는 상황을 보여주고 있다(Lee, 2018).

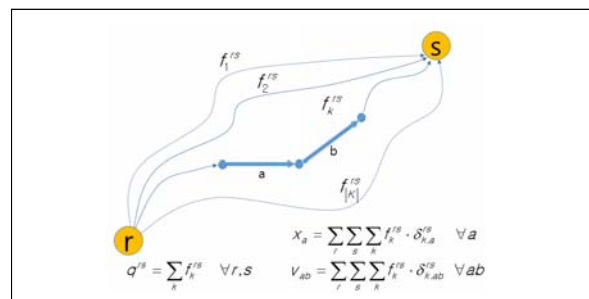


Fig. 1 Selected Link/Turn Analysis Concept

2.1.2 선별역사분석

Lee(2018)는 AFC 단말기로 구축된 수도권지하철 네트워크를 기반으로 선별역사분석에 SLA를 착안한 Selected Station Analysis(SSA) 개념을 제안하였다. <Fig. 2>는 2호선과 3호선의 환승역사인 교대역에 대하여 승객의 보행이동과 열차이동을 나타내고 있다. <Fig.3>는 <Fig. 2>의 2번째 승객이동인 노선간환승보행에 대하여 SSA의 내용을 보여주고 있다.

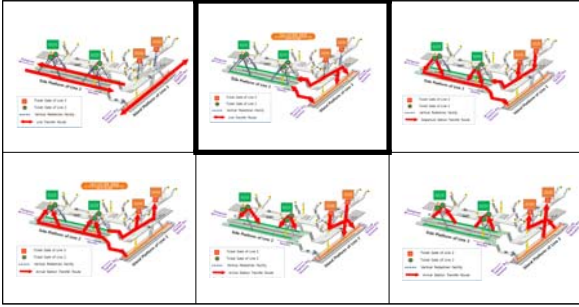


Fig. 2 Selected Station Analysis

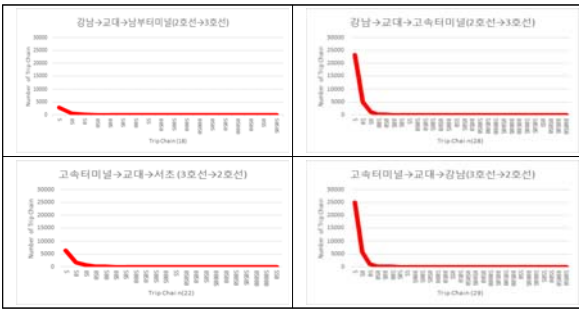


Fig. 3 Selected Station Analysis Example

2.1.3 선별노선분석

SSA와 SLA를 적용하여 선별노선분석에 대한 정의를 Selected LiNe Analysis(SNA)로서 유추된다. Lee(2018)은 식(1)을 통하여 승객의 이동을 노선분석개념인 \bar{x}_a 로 제시하고 있으며, a를 확대하여 부분경로화가 가능하다.

$$\min Z(\bar{X}, \bar{V}) = \sum_a (c_a \cdot \bar{x}_a) + \sum_a \sum_b (d_{ab} \cdot \bar{v}_{ab})$$

$$\text{s. t. } \bar{q}_{rs}^m = \sum_r \sum_s \sum_k \bar{f}_{mk}^{rs} = 1$$

$$\bar{f}_{mk}^{rs} \geq 0$$

$$\bar{v}_{ab} = \sum_m \sum_r \sum_s \sum_k \bar{f}_{mk}^{rs} \cdot \delta_{k,ab}^{rs}$$

$$\bar{x}_a = \sum_m \sum_r \sum_s \sum_k \bar{f}_{mk}^{rs} \cdot \delta_{k,a}^{rs}$$

$$\bar{X} = \{\dots, \bar{x}_a, \dots\}, \bar{V} = \{\dots, \bar{v}_{ab}, \dots\};$$

$$\bar{q}_{rs}^m : \text{개인(m)의 (r-s)간 수요}(q_{rs}^m = 1);$$

$$\bar{f}_{mk}^{rs} : \text{개인(m)의 (r-s)간 경로k 통행량}$$

$$\bar{v}_{ab} : \text{환승ab 통행량}, \bar{x}_a : \text{노선링크 a 통행량}$$

2.1.4 Digital Twin 적용방안

수도권 교통카드 단말기ID로 구축된 Physical Network에 대하여 Cyber Network를 구축하기 위해 Digital Twin Mirroring Model (DTMM)을 적용한다. 본 연구에서 제안한 DTMM은 통합정보제공, 전염병관리, 재난관리 등에 적용하는 방안을 위하여 활용한다.



Fig. 4 Concept of Digital Twin Mirroring Model for

AFC Based Seoul Metropolitan Subway Network

(Source : PPT in the 5th Samsung Oracle Insight

Forum, Jeon, Kwangsik)

참고문헌

[1] L. Meeyoung (2018) A Study on Selected Station Analysis of AFC-Based Integrated Transit Network, The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems, Vol. 17 No. 6, pp. 67-83.