

DRT 차량 운영 패턴 분석을 위한 시각화 대시보드 설계 및 구현

김찬진¹, 신동화,
광운대학교 컴퓨터정보공학부
khlk0713@naver.com, dhshin@kw.ac.kr

Design and Implementation of a Visualization Dashboard for DRT Vehicle Operation Pattern Analysis

ChanJin Kim¹, DongHwa Shin
School of Computer and Information Engineering, Kwangwoon University

요약

수요응답형 교통체계(Demand Responsive Transport, DRT)는 실시간 요청에 따라 차량의 경로와 배차를 유동적으로 조정하는 교통 서비스로 다양한 요소를 함께 고려해야 한다. 그러나 DRT 스케줄링 실험 결과는 다차원적인 데이터로 생성되기 때문에 단순한 수치 지표만으로는 운영 과정의 특성을 파악하는 데 한계가 있다. 본 연구는 Sioux Falls Network 기반 DRT 스케줄링 실험 결과를 대상으로, 차량 운행 경로와 요청 처리 과정을 직관적으로 분석할 수 있는 시각화 대시보드를 설계 및 구현하는 것을 목적으로 한다. 제안하는 대시보드는 차량별 이동 경로, 요청 처리 상태, 시간대별 운행 현황, 주요 성능지표를 통합적으로 제공하여 스케줄링 결과를 시각적으로 해석할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 연구자는 평균 대기시간이나 서비스율과 같은 정량적 지표뿐만 아니라 차량별 운영 패턴, 지연 발생 구간, 미배정 요청의 분포를 함께 분석할 수 있다.

1. 서론

수요응답형 교통체계(Demand Responsive Transport, DRT)는 이용자의 실시간 수요에 따라 차량의 경로와 배차를 유동적으로 조정하는 교통 서비스이다. DRT는 고정 노선 기반 대중교통의 한계를 보완할 수 있다는 장점이 있으나, 차량 배정, 승객 대기시간, 우회 경로, 서비스율 등 다양한 요소가 복합적으로 작용하기 때문에 스케줄링 결과를 직관적으로 분석하기 어렵다.

본 연구는 Sioux Falls Network에서 수행한 DRT 스케줄링 실험 결과를 효과적으로 분석하기 위해 시각화 대시보드를 설계하는 것을 목적으로 한다. 시뮬레이션 결과는 차량 위치, 요청 발생 시점, 픽업 및 드롭오프 시간, 이동 경로 등 다차원적인 데이터로 생성되며, 이를 단순한 수치 지표나 표만으로 해석하는 데에는 한계가 있다. 따라서 차량별 운행 패턴과 요청 처리 과정을 네트워크 상에서 시각적으로 확인할 수 있는 분석 도구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 차량별 운행 경로, 요청 처리 상태, 시간대별 서비스 현황, 주요 성능지표를 대시보드 형태로 제공함으로써 DRT 스케줄링 결과를 보다 직관적으로 해석할 수 있도록 한다. 이를 통해 단순한 평균 성능지표를 넘어, 특정 차량의 운영 방식, 지연 발생 구간, 미배정 요청의 패턴 등을 종합적으로 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구는 DRT 스케줄링 알고리즘 자체의 개선보다는, 알고리즘 결과를 해석하고 비교하기 위한 시각적 분

석 환경을 구축하는 데 초점을 둔다. 이는 향후 DRT 운영 전략 및 배차 알고리즘의 성능 평가와 개선 과정에 활용 가능한 기초 자료를 제공한다는 점에서 의의가 있다.

2. 대시보드 설계 및 구현

2.1 대시보드 설계 방향

본 연구에서는 DRT 시뮬레이션 결과를 실시간으로 모니터링하고, 시뮬레이션 종료 후 차량 단위의 운영 패턴을 분석할 수 있는 웹 기반 시각화 대시보드를 설계 및 구현하였다. 대시보드는 단순한 지표 표시를 넘어, 차량 이동, 요청처리 상태, 승객 대기시간, 우회율, 취소 발생, 차량별 운행 패턴을 통합적으로 확인할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 교통 분석가는 DRT 운영 과정에서 발생하는 수요-공급 불균형, 차량 활용도 저하, 서비스 실패 요인 등을 시간적·공간적으로 해석할 수 있다. 대시보드는 모니터링 모드와 분석 모드로 나뉘는데, 기본 모드는 시뮬레이션 진행 상황을 실시간으로 관찰하기 위한 모드이고, 시뮬레이션 종료 후에는 차량 단위의 상세한 분석을 수행할 수 있도록 하였다.

2.2 모니터링 모드 시각화 요소

2.2.1 Network Map

Sioux Falls Network 기반 DRT 스케줄링 실험의 핵심 부인 Network Map(그림 1-A)는 차량 위치, 이동 링크,

대기 승객 분포를 표시하였다. 차량은 상태에 따라 서로 다른 색상으로 표현되며, 이동 중인 차량은 현재 노드와



(그림 1) DRT 스케줄링 시각화 대시보드(모니터링 모드)

목표 노드 사이의 진행률을 기반으로 지도 위에 표시된다.

2.2.2 Summary Card와 지표 패널

차량 별 Summary Card(그림 1-B)는 현재 차량 별 상태, 현재 위치와 스케줄을 표시한다. 지표 패널(그림 1-C)는 현재 시각, 전체 서비스 완료 수, 대기 승객, 탑승 중인 승객 수, 평균 대기시간, 평균 이동시간, 차량 운영률, 취소 수등을 표시한다.

2.2.3 모니터링 차트

우측 패널에는 실시간 승객 정보(그림 1-D)와 함께 차량 운영률(그림 1-E), 승객 처리 추이(그림 1-F), 승객 상태 (Served, In-vehicle, Waiting, Cancelled)분포(그림 1-G)를 차트로 제공한다. 이를 통해 분석가는 시뮬레이션이 진행되는 동안 전체 시스템의 서비스 수준과 운영 부하 변화를 빠르게 파악할 수 있다.

2.3 분석 모드 시각화 요소

2.3.1 Network Map

선택 차량 중심의 공간 패턴을 보여준다. 선택된 차량의 이동 경로와 현재 위치를 강조하며, 요청 마커는 선택

차량이 수락하여 운행 중인 요청과 아직 수락되지 않은 요청만 표시하도록 필터링하였다. 이를 통해 다른 차량이 처리 중인 요청이 선택 차량 분석에 혼입되는 것을 방지하였다. 또한 선택 차량의 이동 링크와 요청의 출발지-목적지를 함께 확인함으로써 차량이 특정 구역에 편중되는지, 긴 픽업 이동이 발생하는지, 미수락 요청이 공간적으로 어디에 분포하는지를 분석할 수 있다.

2.3.2 Summary Card

분석 모드의 Summary Card(그림 2-B)는 replay time 기준으로 선택 차량의 누적 성과를 요약한다. Service Quality 영역에는 서비스율, 평균대기시간, 최대 대기시간, 취소 건수, 평균 우회율을 표시한다. Vehicle Utilization 영역은 선택 차량의 상태 비율을 요약한다. Idle, Pickup, Carrying 비율을 막대 형태로 제공하여 차량의 누적 운영 성향을 빠르게 파악할 수 있다. 즉, Summary Card는 정량적 요약을 제공하고, 차량의 운영 전략을 보완적으로 보여준다.

2.3.3 분석 차트

차량별 분석 차트는 선택된 차량의 운영 이력을 중심으로 구성하였다. 그림 2-C는 해당 차량이 수락한 요청 목

록을 표시하며, 각 요청에 대해 요청 시각, 픽업 시각, 하



그림 2 DRT 스케줄링 시각화 대시보드(분석 모드)

차 시각, 현재 상태를 제공한다. 상태는 Served, In-vehicle, Waiting, Cancelled로 구성된다.

서비스 품질 분석을 위해 승객별 대기시간 차트(그림 2-D)와 우회율 차트(그림 2-E)를 제공한다. 대기시간 차트는 픽업이 완료된 요청에 대해 요청 시각부터 픽업 시각

3. 결론

본 연구에서는 DRT 운영 과정을 실시간으로 모니터링하고, 시뮬레이션 종료 후 차량 단위의 운영 패턴을 분석할 수 있는 웹 기반 시각화 대시보드를 설계 및 구현하였다. 제안한 대시보드는 차량 위치, 요청 상태, 승객 처리 현황, 차량 활용도, 대기시간, 우회율, 취소 건수 등을 통합적으로 제공함으로써 DRT 시스템의 운영 상태를 다각적으로 해석할 수 있도록 하였다.

특히 분석 모드를 통해 개별 차량의 운행 이력을 replay 방식으로 재구성하고, 특정 시점의 차량 위치, 수락 요청, 미수락 요청, 서비스 품질 지표, 차량 상태 timeline을 함께 확인할 수 있도록 하였다. 이를 통해 단순한 최종 성과 지표만으로는 파악하기 어려운 차량별 idle, pickup, carrying 패턴과 서비스 실패 요인을 시간적 흐름 속에서 분석할 수 있었다. 또한 요청별 pickup, dropoff, cancellation 시각을 기록하고 이를 replay time 기준으로 필터링함으로써, 분석 시점에 맞는 대기

시간, 우회율, 취소 건수, 서비스율을 일관되게 산출하였다. 이는 DRT 운영 정책의 성능을 평가할 때 전체 평균뿐 아니라 특정 차량, 특정 시간대, 특정 요청 처리 과정에서 발생하는 문제를 식별하는 데 기여한다.

본 대시보드의 구조는 실시간 모니터링과 사후 분석을 분리하면서도 동일한 데이터 모델을 공유할 수 있게 하기에 DRT 시뮬레이션 결과를 교통 분석가가 해석 가능한 형태로 변환하는 시각적 분석 도구로 활용될 수 있다. 향후 연구에서는 여러 차량의 운영 성과를 비교하는 기능, 취소 요청의 공간적 분포 분석, 시간대별 수요-공급 불균형 진단, 배차 정책 간 비교 기능을 추가함으로써 DRT 운영 전략 평가와 정책 개선을 위한 의사결정 지원 도구로 확장할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 김동규, & 신동화. (2024). 수요응답형 교통수단 스케줄링 알고리즘의 시각적 분석. Journal of Digital Contents Society, 25(11), 3515-3523.

[2] Prommaharaj, P., Phithakkitnukoon, S., Demissie, M. G., Kattan, L., & Ratti, C. (2020). Visualizing public transit system operation with GTFS data: a case study of Calgary, Canada. Heliyon 6 (4): e03729.

[3] <https://drt.hdi-lab.com/>