

철도시험선로 시설물 상태 분석을 위한 디지털 플랫폼 구축방안 연구

배준현, 안성재, 김현기, 이효범
한국철도기술연구원
e-mail:jhbae927@krri.re.kr

A Study on the Establishment of a Digital Platform for analyzing the condition of railway test track facilities

Jun-Hyun Bae, Seong-Jae An, Hyun-Ki Kim, Hyo-bum Lee
Korea Railway Research Institute

요 약

최근 각 분야에서 데이터를 수집 및 분석하여 산업 혁신과 사회문제를 해결하는 사례가 증가하고 있으며, 다양한 통계자료의 유기적인 연결을 통해 데이터에서 가치를 추출하고 결과를 분석하는 빅데이터를 다방면으로 활용하여 구조물의 선제적 유지보수를 통한 안전확보 및 효율적 관리를 하는 연구가 진행중에 있다. 철도종합시험선로에서도 시험선에서 발생하고 있는 데이터를 효율적으로 수집 및 분석하고 더 나아가 수집된 데이터의 종합 정보를 활용하기 위해 빅데이터를 기반으로 디지털 철도시험선로를 구축하여 시설물들을 분류하고 관련 데이터들과 필요한 센싱 방법들을 식별하고 디지털화하여 시설물의 유지보수 및 상태 관리를 위한 방안에 대한 체계를 구축하고자 한다.

고 안정적인 시험시설물 운영을 위해 빅데이터 기반 시험선로 상태관리를 위한 디지털 플랫폼을 구축하고자 한다.

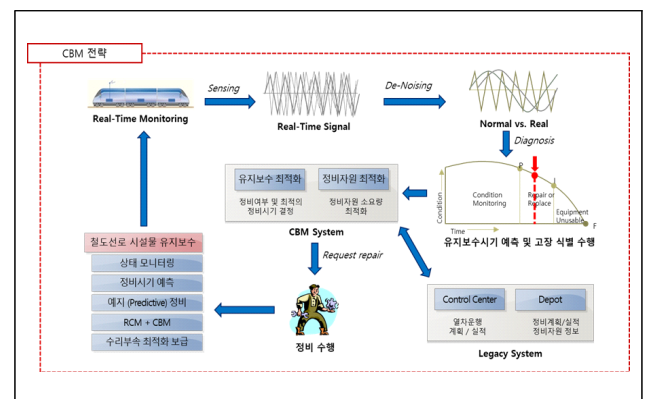
1. 서론

세계적인 경영컨설팅 기관인 Oliver Wyman에 따르면, 철도의 생애주기비용 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 유지보수비이며, 그 비율은 30%에 달한다고 한다. 주요 국가별 km당 시설관리비를 비교하면 2016년 우리나라의 시설관리 중 투자비는 모든 국가들과 비교해 매우 낮았으나 2020년에는 스웨덴, 프랑스, 독일보다 높아지고 있다고 한다. 유지관리비(운영비)는 2016년 스웨덴, 스페인, 프랑스, 독일보다 높으나 그 수준이 여전히 유지되고 있으며, 우리나라의 경우 개량(성능개선) 투자를 선호하는 유럽 국가의 정책 방향을 따라가고 있고, 일본은 유지관리 비용 중심의 철도 시설관리가 이루어지고 있다. 현재 국내 일부 운영사에서 상태기반 차량, 시설에 대한 데이터 모니터링 체계를 구축하여 성능 중심의 유지관리를 위한 이력 데이터를 수집하고 있으나, 사전 위험 징후 또는 위험도 분석을 위한 데이터와 시스템 관점에서의 융합데이터 가공 등의 작업은 미흡한 실정이다.

국내 유일의 철도종합시험선로는 기본적인 철도 시험인프라가 구축되어있으며, 활용적인 측면에서 4차 산업기술의 적용에 대응하기 위해 시험인프라 고도화 및 검증역량 강화를 위한 철도시험선의 관리가 필요한 시점이다. 이에 효율적이

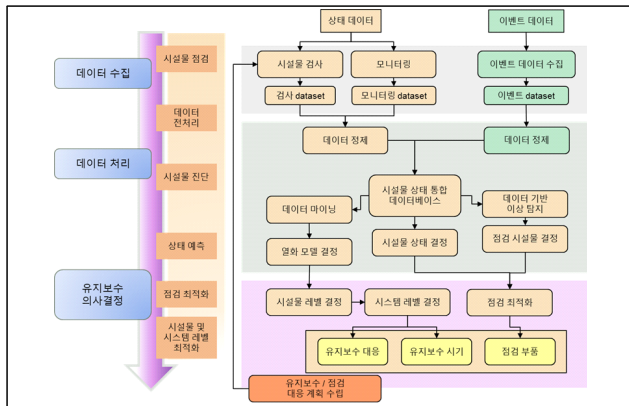
2. 본론

철도종합시험선로 상태정보관리를 위한 플랫폼 구축을 위한 기본적인 유지보수 체계전략은 Fig.1 과 같다.



[그림. 1] 시설물 유지보수체계(CBM) 전략

시설물 유지보수 프레임워크 세부 구성 방안은 시설물 유지보수를 위한 전체 프레임워크 중 운영/손상/유지보수 상에서 추론 알고리즘에 필요한 프레임워크 및 데이터 흐름은 아래 Fig2와 같다.



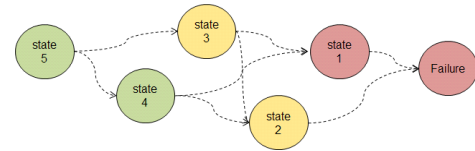
[그림. 2] 시설물 유지보수 전체 프레임 워크

시험선 시설물 유지보수 프레임워크 구성 중 유지보수 추론 알고리즘이 다루고 있는 데이터 처리, 유지보수 의사결정 과정에 대하여 단계별 상세 역할은 데이터 처리 단계에서 시설물 데이터를 분석하여 유지보수 의사결정을 위한 주요 함수 및 행렬을 도출하며 원시데이터를 받아들이 전이행렬과 열화곡선을 도출하는 것이 목표로 데이터 정제, 시설물 상태 통합 데이터베이스, 시설물 진단 중 시설물 상태 결정, 열화모델 결정을 통한 유지보수 의사결정 단계로 구성하였으며, 점검 최적화에서 이전 단계의 성능 허용 기준 및 센서 데이터 이상탐지 결과를 분석하여 해당 시설물의 상태 및 점검 필요 여부를 결정하고, 유지보수 점검 대응계획 수립 부분의 점검 시설물 결정하여 시설물레벨, 시스템레벨의 최적화가 가능한 경우에 대해서는 열화 모델을 통해 최적의 유지보수 방법 및 시기를 결정하고, 이상탐지로 이상치를 판단한 경우 기존 데이터를 검토하여 데이터의 유효성을 판단하고 추가 진단 필요 여부를 결정하는 것으로 프레임워크를 구성하였다.

시설물 유지보수 모듈 흐름도는 상태기반 유지보수 전체 프레임 워크는 크게 데이터 매니저, 진단예측, 최적화로 3개의 모듈로 분할하여 최적화 모듈에서 최종 유지보수 판단하고, 데이터 매니저 모듈에서는 수집된 계측데이터를 기반으로 실시간 모니터링 데이터를 비롯한 모든 데이터를 취합해 전처리, 수집, 통합 데이터베이스를 구축을 기반으로 진단 및 예측 모듈에서 현재 상태를 진단하고 예측 모듈에서 현재 진단 상태를 토대로 미래 상태를 예측하도록 구성하였다.

상태 예측은 결함의 전파와 발달 과정을 예측하는 것과 잔여수명(Remaining Useful Life, RUL)을 예측하는 것으로 나눌 수 있으며, 결함의 전파와 발달과정 예측은 상태가 어떻게 진행되는지를 예측한 뒤, 이에 따른 유지관리 방안을 결정 하는 과정을 나타내며, 상태의 전이에 초점을 맞춰 시스템을 모니터링하여 유지관리 일정을 예측하여 현재 시점, 수리 시작시

점 및 수리 소요 기간을 고려하여 실패(Failure)가 일어나기 전까지의 시간을 하고자 하였다.



[그림. 3] 결함의 전파와 발달과정 예측

이러한 단계에서의 유지보수 최적화 방안을 도출하여 최종적인 유지보수 의사결정을 통보하며, 이를 통해 사용자는 유지보수 기간, 활동 및 계획을 수립할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 최근 이슈가 되어있는 유지보수 의사결정에 대한 요구사항인 유지보수 의사결정을 위한 프레임워크를 분석하였다. 이를 토대로 다음 연구에서는 실제 철도종합시험선로의 유지보수 데이터를 기반으로 플랫폼 구축을 진행하고자 하며, 향후 이러한 상태기반 디지털 플랫폼을 통해 효율적이고 안정적인 시험선 운영에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 자체사업 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 배준현, “디지털 철도시험선로 관리 플랫폼 기반기술 기획연구”, 보고서, 2021년.
- [2] Carnahan, J.V., (1988) Analytical framework for optimizing pavement maintenance. Journal of Transportation Engineering, ASCE,
- [3] Robelin, C.A., and Madanat, S., (2008) Reliability-based system-level optimization of bridge maintenance and replacement decisions. Transportation Science,