

철도차량 상태기반유지보수(CBM) 연구

A Study on Condition Based Maintenance for Rolling Stock

이관섭*†, 김종운*

Kwan-Sup Lee*†, Jong-Woon Kim*

Abstract It is known that maintenance fee accounts for 30% of the total life cycle cost for urban railway vehicles. Therefore, it goes on requiring that maintenance cost effectiveness should be ensured as well as safety and service quality. A periodic (time-scheduled) preventive maintenance, which is applied to domestic rolling stocks, has some following problems. Most components are uniformly exchanged and repaired without considering the degree of their aging or deteriorated condition. Even though the components are in normal status, they are also disassembled, repaired, or replaced. Despite the periodic change of the components, service delay or accidents have been occurring due to continuous component failure. Overabundance of spare parts or insufficient timely supply of required components has become a main issue in logistics of spare parts. In order to improve these inefficiency, condition based maintenance (CBM) is suggested. This paper presents the direction and strategy for CBM, big-data based maintenance expert system, maintenance resources optimization, CBM models for main components. Successful implementation and operation of the challenging CBM for rolling stocks shall enhance safety, service reliability and availability, and reduce the total life cycle cost as well.

Keywords : Rolling stock, condition based maintenance

초 록 철도차량의 생애주기비용(LCC: Life Cycle Cost) 중 유지보수비는 30%로서 가장 많은 비중을 차지하고 있으므로 안전과 서비스 품질뿐만 아니라 유지보수의 효율성이 매우 중요한 요소가 되고 있다. 국내 철도차량에 적용하고 있는 주기적 예방정비 체계는 몇 가지 비효율적인 요소를 가지고 있다. 즉, 부품의 노화 및 열화상태를 고려하지 않고 정상적인 부품마저도 일률적으로 교체 또는 분해/조립한다는 점, 유지보수부품을 종류에 따라 과다 또는 과소 보유함으로써 차량 고장시 대응조치가 지연되거나 자원낭비를 한다는 점 등이며, 이를 개선하기 위한 대안으로서 차량 및 부품의 상태에 따라 유지보수를 시행하는 기법인 상태기반 유지보수(CBM : Condition Based Maintenance)가 제안되고 있다. 본 논문은 CBM의 추진 방향 및 전략, 유지보수 빅데이터를 활용한 유지보수의사결정, 유지보수부품 보유 최적화, 주요 부품의 상태기반 유지보수 기법에 대해 기술하고 있다. 상태기반 유지보수체계가 철도차량에 성공적으로 적용된다면, 안전성과 서비스 신뢰성, 가용성이 향상될 뿐만 아니라 생애주기비용도 대폭 절감될 것으로 기대된다.

주요어 : 철도차량, 상태기반 유지보수

1. 서 론

세계적인 경영컨설팅 기관인 Oliver Wyman에 따르면, 철도의 생애주기비용 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 유지보수비이며, 그 비율은 30%에 달한다고 한다. 국내 철도

† 교신저자: 한국철도기술연구원(kslee@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원

차량에 적용하고 있는 주기적 예방정비 체계는 몇 가지 비효율적인 요소를 가지고 있다. 즉, 부품의 노화 및 열화상태를 고려하지 않고 정상적인 부품마저도 일률적으로 교체 또는 분해/조립한다는 점, 유지보수부품을 종류에 따라 과다 또는 과소 보유함으로써 차량 고장 시 대응조치가 지연되거나 자원낭비를 한다는 점 등이며, 이를 개선하기 위한 대안으로서 차량 및 부품의 상태에 따라 유지보수를 시행하는 기법인 상태기반 유지보수(CBM : Condition Based Maintenance)가 제안되고 있다. 본 논문은 CBM의 추진 방향 및 전략, 빅데이터를 활용한 유지보수의사결정, 유지보수부품 보유 최적화, 주요 부품의 상태기반 유지보수 기법에 대해 기술하고 있다

2. 본 론

2.1 철도차량 CBM 추진전략

CBM대상 장치나 부품을 선정할 때 고려해야 할 요소와 CBM을 추진하기 위한 기본전략의 구성요소 및 기본요구조건은 Fig.1 과 같다.



Fig. 1 Strategy for CBM

2.2 빅데이터를 이용한 유지보수 의사결정 시스템

빅데이터 기반 유지보수 의사결정시스템은 생산 및 품질정보, 운영정보, 고장정보, 유지보수정보, 상태정보 등 유지보수와 운영과 관련되는 빅데이터를 입력자료로 활용하여 수리대상 개별 아이템에 대한 점검/교환/수리 시기 및 방법을 결정하고, 아이템 그룹에 대한 정기검사 또는 특별점검 실시 결정, 아이템에 대한 상세 신뢰성 분석 결정 등을 할 수 있는 시스템이다. 의사결정 방법론은 Fig. 2와 같이 White box, Gray box, Black box의 세가지이다.

통합 유지보수 의사결정 방법론

White Box Approach : 고장물리 기반의 고장/건전성 진단



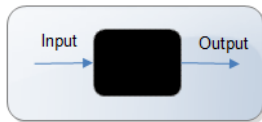
- Input 과 Output 과의 물리적 메커니즘 규명
- 개별 부품의 건전성 진단에 따른 유지보수 수행 명령

Gray Box Approach : 데이터 기반의 개별 아이템의 리스크 평가



- Input 과 Output 과의 확률/통계적 상관 관계 모델링
- 데이터 중심 접근법으로 데이터가 축적됨에 따라 의사결정 규칙도 변화
- 개별 부품의 리스크 평가에 따른 유지보수 수행 명령

Black Box Approach : 아이템 신뢰성 특성 모니터링 (노후화, 수리순환, 유지보수 효과를 고려한 부품 중심)



- Output의 변화 특성(시간경과 및 이벤트 전후)의 통계적 모델링(추/검정)
- 품목별 신뢰성 모니터링을 통해 상세 분석 및 운영/유지보수 전략 수립 명령

Fig. 2 Maintenance decision approach

2.3 유지보수자원 최적 소요량산출 시스템

유지보수자원 최적 소요량산출 시스템은 노선, 기지, 기관별로 보유해야 하는 예비품을 최적으로 산출하는 시스템이며, 현재 보유하고 있는 예비품에 대해 적정성을 평가할 수 있는 기능도 가지고 있다. Fig. 3은 최적 소요량 산출과 적정성 평가 시스템에 대한 알고리즘을 보여준다.

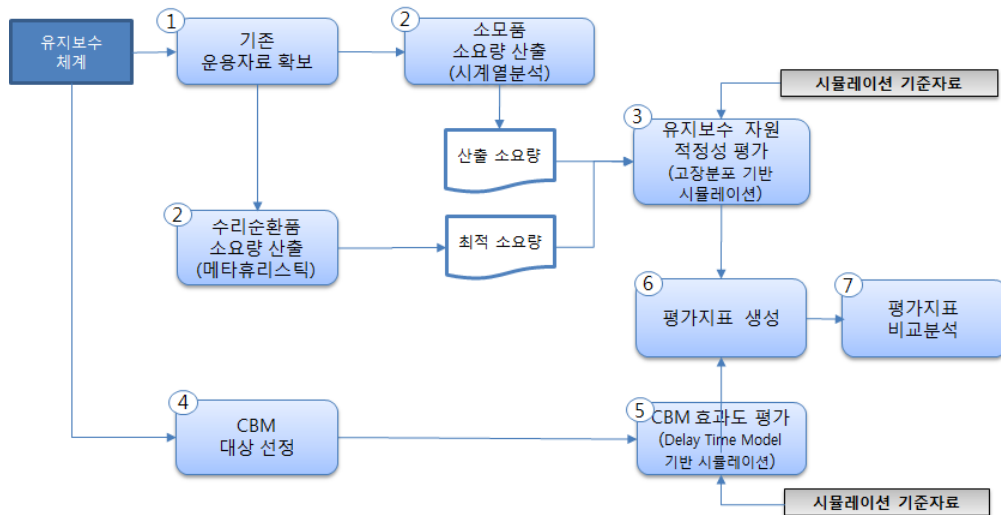


Fig. 3 Optimization of maintenance resources

2.4 부품에 대한 상태기반 유지보수 기법

부품의 상태에 따라 유지보수시기를 결정하는 것은 Fig. 4와 같은 시간에 따른 상태 곡선에서 잠재적 파손 P (Potential Failure)와 임박한 파손 I (Impending Failure)사이에서 이루어진다. 주기적 유지보수에서는 유지보수를 대체로 P에 도달하기 전에 수행함으로써 상대적으로 상태기반 유지보수에 비해 비효율적이다.

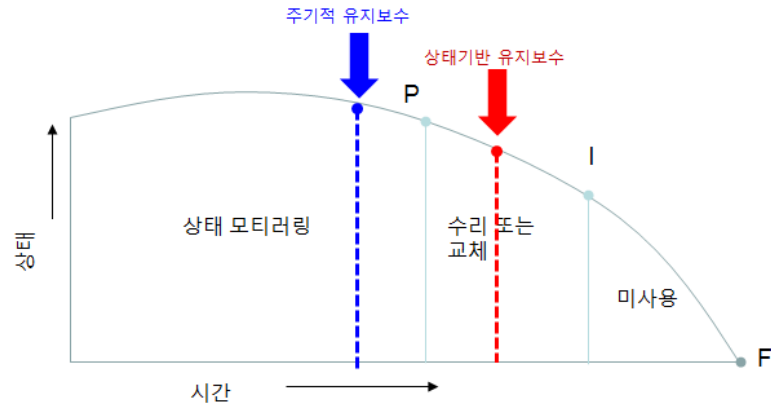


Fig. 4 Condition trajectory (threshold) of a component

3. 결론

철도차량의 장치 및 부품의 상태를 파악하여 부품의 수명을 예측하고 고장 전에 교환 및 수리를 하는 CBM은 철도차량의 안전성과 서비스 신뢰성, 가용성이 향상시키고 총 수명주기 비용도 절감시킬 것으로 기대된다.

후 기

본 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 시행하는 상태기반 스마트 유지보수 핵심기술 개발 연구(과제번호 : 13RTRP-C068243-01) 의 일환으로 수행되었습니다

참고문헌

- [1] Kwansup Lee, "A study on strategy of condition based maintenance for urban rail vehicles in Korea", World Congress on Railway Research 2016, 2016.5