

KTX 주행안정성 평가를 위한 진동가속도 계측데이터의 신호처리에 관한 연구

A Study on The Measurement System of Acceleration Data To Estimate Operating KTX High Speed Train

강태원*
Kang, Tae-Won

김유승**
Kim, Yu-Seung

ABSTRACT

A purpose of this study measure the acceleration of operating KTX high speed train to find out something wrong to obtain reliable the acceleration measurement data.

The existing measurement system come about a difference between measurement dada of running off the track with the acceleration measurement data of operating KTX high speed train. Therefore, the measurement system needs make up for the weak points in the current system.

This study analyze existing measurement system and the acceleration measurement data to introduce the synchronization of the existing measurement system and the acceleration measurement and will be reasonable to this sampling through field test.

1. 서 론

본 연구는 KTX 고속주행열차의 주행시 발생하는 가속도를 계측하여 이상궤도에서 발생하는 진동가속도 성분을 파악하는 연구의 일환으로 이상개소를 판단하기 위해 가속도 데이터의 신호처리를 위한 기법과 알고리즘을 제시하여 이를 바탕으로 보다 신뢰성 있는 주행 가속도 데이터를 확보하는데 그 목적이 있다.

기존 궤도 틀림 측정 데이터의 경우 그 데이터를 검측차량을 이용해 공간주파수 영역에서 데이터를 확보하여 KTX 주행시 발생하는 가속도와 비교하여야 하는데 이 경우 측정된 가속도 데이터는 시간 영역에서 샘플링 되어 두 데이터간의 샘플링에 차이가 발생하게 되며, 이를 보완하기 위한 샘플링 기법이 필요하고, 샘플링된 데이터의 자기상관함수를 바탕으로 두 신호를 동기화하여 최적의 상관관계를 찾아낼 필요가 있다.

본 연구에서는 측정된 궤도 틀림 데이터와 가속도 데이터를 동기화 하기 위한 기존의 샘플링 기법들을 비교하고, 이를 바탕으로 궤도이상개소의 이상진동 측정을 위한 최적의 샘플링 기법을 소개하며,

이를 검증하기 위한 실험을 통해 샘플링 기법의 타당성과 이를 통한 궤도 이상개소 판별의 가능성을 보일 것이다.

2. 실험 시스템

2.1 모니터링 시스템 개념

* 책임저자 : 비회원, 한국유지관리(주), R&D서비스사업부, 대리
E-mail : ktwm@kmctech.co.kr
TEL : (02)830-7071 FAX : (02)830-5256
** 비회원, 한국유지관리(주), R&D서비스사업부, 차장

본 연구는 실시간 레일 이상개소 모니터링 시스템 구축 과제의 일환으로 진행되었으며, 가속도 모니터링을 통해 이상진동을 검출하고 이를 타코신호와 동기화 하여 이를 바탕으로 이상개소 발생 위치를 검출한다. 이를 위한 기본 모니터링 시스템의 구성은 다음의 그림과 같다.

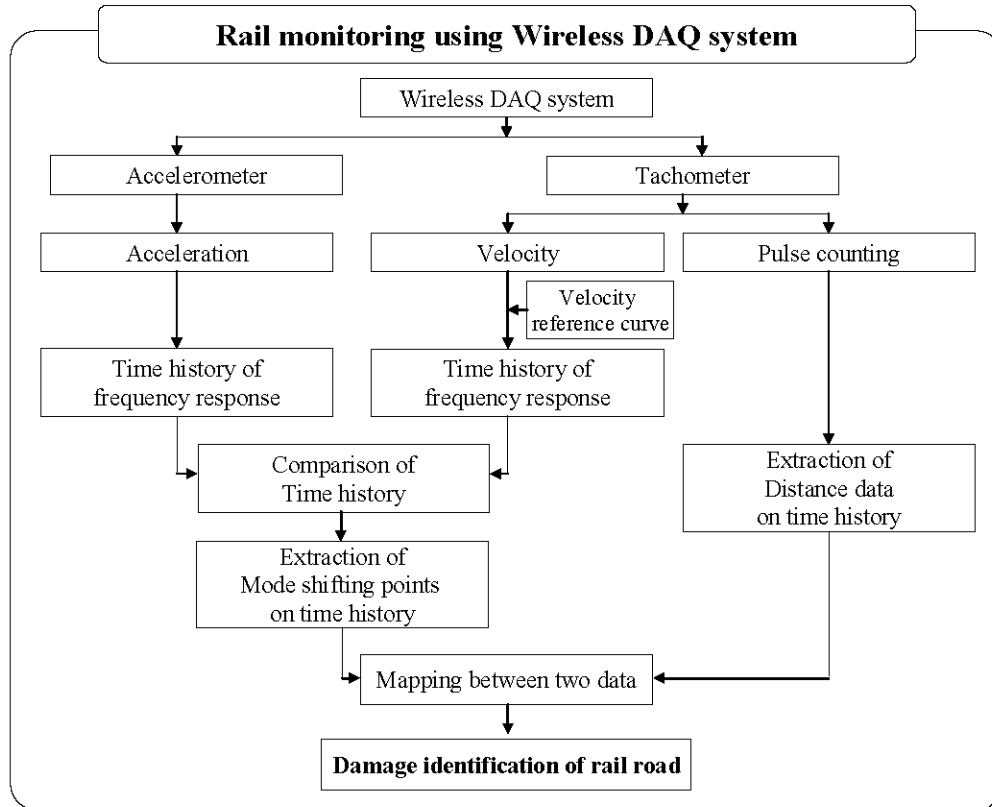


그림 1. Composition of Rail Monitoring Using Wireless DAQ System

모니터링 시스템 구축은 무선 데이터 전송시스템을 기본으로 하여 케이블에 발생할 수 있는 전원노이즈의 영향을 최소화 하였으며, 데이터로거 성능 검증을 위해 유선 데이터 로거와 Correlation 비교를 통해 시스템의 성능을 검증하였다. 모니터링 시스템은 크게 두 개의 데이터 취득 시스템으로 구분되는데 하나는 가속도 진동 신호를 획득하는 시스템과 타코신호를 통해 위치 신호를 획득하는 시스템으로 나눌 수 있다. 이에 대한 신호처리의 기본 흐름은 위의 개념도에서 보이는 바와 같이 신호처리를 하여 위치 신호와 가속도 신호를 동기화 시켜 검출하여 이상개소 판별의 기초 자료로써 활용한다.

2.2 가속도 계측 시스템 구축

실시간 모니터링을 통한 이상개소 판별을 위해 차축과 대차, 대차와 차체 가속도 사이의 전달함수를 비교함으로써 상관성 분석을 통해 이상 진동에 의해 발생된 가속도를 검출하여 이를 바탕으로 이상개소를 확인하게 된다. 본 모니터링 시스템 구축을 위한 가속도 센서는 다음의 그림에서 보여 지는 바와 같이 대차와 차체, 차축에 수직방향과 횡방향으로 설치되었다.

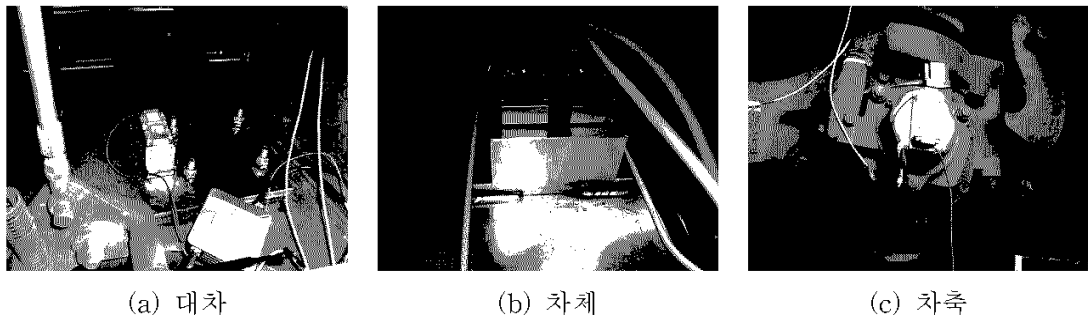


그림 2. KTX에 설치된 가속도계 및 타코센서

2.3 속도 계측 시스템 구축

본 연구진행에 있어 중요한 요소기술중의 한 부분이 타코신호를 이용하여 거리를 산출하는 부분이다. 최초 적용시는 KTX 내부에 장착되어 있는 TPU의 타코신호 출력을 사용하였으나, 목적하는 만큼의 신호 정밀도를 확보하기 힘들어 타코센서를 부착하고, 이에 따른 F/V 컨버터를 부착하여 속도를 산출하였다.

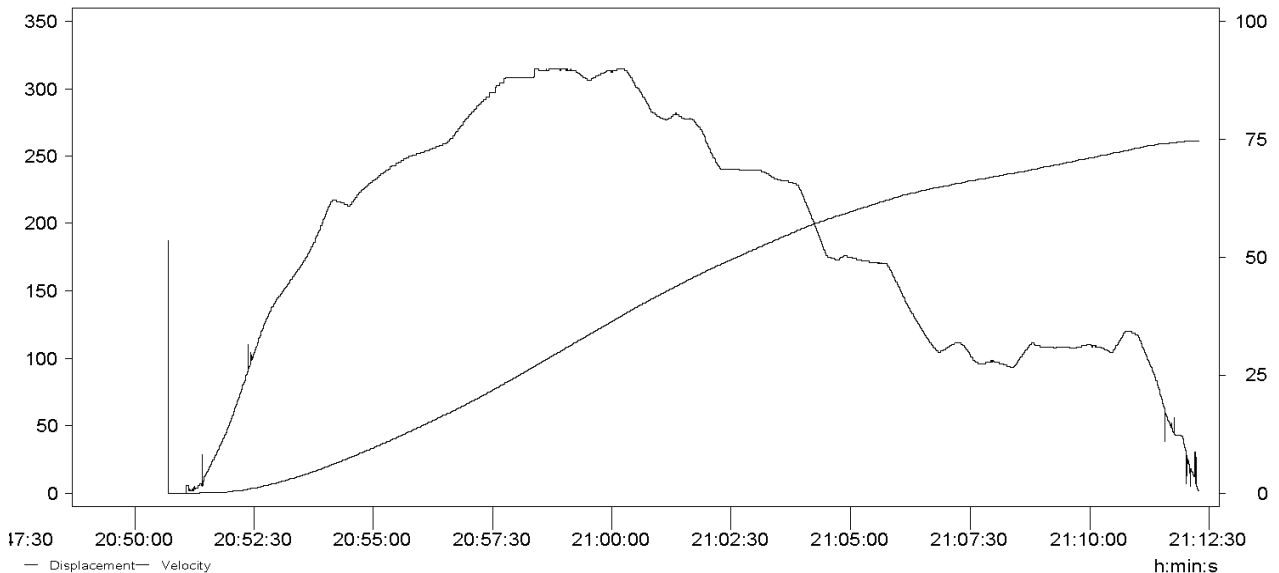


그림 3. 속도 신호 처리 결과(천안-대전 하행선 구간)

3. 신호상관성분석

레일이상개소 평가를 위해 도입한 개념은 차축에 대한 대차, 대차에 대한 차체의 전달함수를 통해 이상상태를 평가하는 것으로써, 이 때 중요한 가정은 대상시스템이 LTI(Linear Time Invariant) 시스템이어야 한다는 것이다. 이를 검증하기 위해 실제 KTX 주행시 획득한 각 부위의 가속도 계측 데이터의 Coherence를 비교하여 선형성을 확인하였다. 여기서 Coherence Function은 두 신호사이의 선형성 정도를 나타내는 지표로서 각 주파수의 함수로써 표현된다.

$$\text{Coherence 함수 } \gamma^2 = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_{xx}(f)G_{yy}(f)}$$

는 0 ~ 1의 값을 가지며, 두 신호사이의 기여도 함수값이 1에 가까울수록 두 신호 사이의 선형 종속 정도가 강하다.

4. 결 론

본 연구는 천안-대전 하행선 구간의 속도 신호처리 결과를 통하여 신호의 선형성을 확인하였으며, 샘플링 된 데이터의 자기상관함수를 바탕으로 두 신호를 동기화 할 수 있는 상관관계를 찾아내었다.

계속적인 가속도 모니터링 연구를 통해 이상진동을 검출하고, 이를 타코신호와 동기화하여 이상개소 발생 위치를 검출하며, 주행안전성 평가, 유지보수 등에 활용함으로써 안정적이고, 효율적인 KTX 고속철의 운영에 활용 될 것이다.

5. 감사의 글

본 연구는 국토해양부 철도종합안전기술개발사업의 연구비지원(과제번호05-철도안전-C04)의 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 서사범 저, 궤도시공학
2. 서사범 저, 궤도장비와 선로관리
3. 김상수 외 2명, “일본 궤도 검측 시스템 기술동향”, 기계학회 춘계학술대회, 2005
4. 임용찬 외 3명, “한국형고속열차를 이용한 궤도 틀림 측정결과 비교분석” 한국철도학회 추계학술대회, 2007
5. 최찬용 외 3명, “실 열차구간에서 측정된 강화노반재료별 궤도틀림 진행 평가”, 한국철도학회 춘계학술대회, 2007