

EEMD 와 데이터 분류기법을 활용한 베어링 결함신호 분석 Analyzing Bearing Fault Signals through EEMD and Data Classification

이동한* · 안종효* · 고봉환†

Dong-Han Lee, Jong-Hyo Ahn and Bong-Hwan Koh

1. 서 론

베어링은 기계시스템의 회전축과 연결되는 부분에 사용되는 부품으로 광범위한 용도로 사용되고 있다. 지속적인 사용에 따른 결과로 결함이 발생할 가능성이 높고 결함에 의해 시스템 전체에 악영향을 줄 수 있기 때문에 지속적인 관리 및 점검이 필요한 부품이다. 이러한 베어링에 대해 FFT나 Wavelet 등과 같은 주파수 영역 (frequency-domain) 분석기법이 많은 분야에서 활용되어 왔으나 최근에는 시간 영역 (time-domain)에서의 데이터 분석 기법을 활용하여 결함을 탐지하는 방법 또한 연구되고 있다.

본 논문에서는 베어링 결함을 탐지하기 위한 신호 처리 알고리즘 중 시간 영역의 데이터를 EMD (Empirical Mode Decomposition)와 EEMD (Ensemble Empirical Mode Decomposition)를 활용하여 분해한 후, 각각 모드 (mode) 성분의 특성 값으로 벡터를 구성하고, 이를 베어링 결함과 연관된 성분으로 classification (SVM, ANN)하는 알고리즘의 성능을 비교하고자 하였다.

2. 베어링 결함신호 측정

베어링 inner-race 표면에 경도측정에 활용되는 indentation 장치를 통해 결함을 크기에 따라 단계적으로 발생시킨 뒤 모터 구동 상태에서 진동신호를 측정하였다. 각 베어링의 회전속도는 2400rpm 유지시켰으며, 가속도의 샘플링 주파수 (Fs)는 10kHz이다. Table 1은 베어링의 주요 사양

이다.

Table 1 Roller-bearing Specification

Dimension	Value
Inner Diameter	15 mm
Outer Diameter	35 mm
Width	11 mm
Type	Cylindrical Roller Bearing



Figure 1 Measurement of Bearing Damage

위 Figure 1 은 베어링 및 진동신호 측정 실험장치 사진이다. 모터를 제어하여 토크를 베어링에 전달하고 베어링으로부터 프레임에 설치된 가속도 센서로부터 진동 신호를 수집한다.

3. 결함신호 탐지 알고리즘

측정된 베어링 신호를 EMD 방법과 EEMD 방법을 사용하여 다수의 IMF (Intrinsic Mode Function) 1~10 으로 분해하였다. 측정된 가속도 신호와 이를 EEMD 를 통해 분해한 결과값, IMF1~IMF3 을 Figure 2 에 각각 나타내었다.

† 교신저자; 정희원, 동국대학교 기계로봇에너지공학과
E-mail : bkoh@dongguk.edu

Tel : (02)2260-8591, Fax : (02)2263-9379

* 동국대학교 기계공학과 대학원

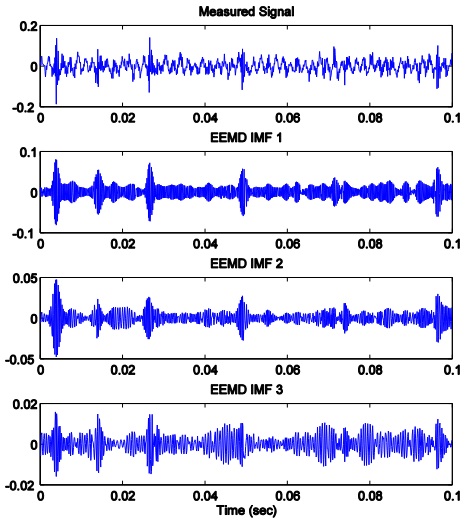


Figure 2 Measured & EEMD bearing signals

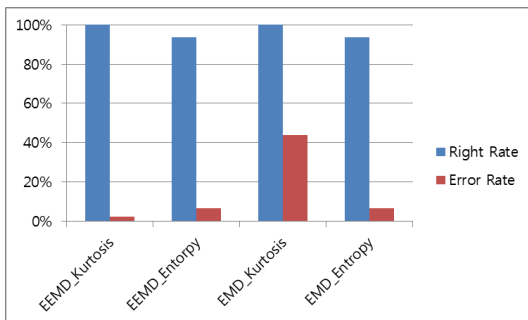


Figure 3 Performance of classifications; EEMD/EMD with kurtosis & entropy

EEMD로 분해된 IMF1 ~ IMF10으로부터 베어링의 회전 특성을 나타내는 kurtosis, entropy 값을 추출한 뒤 이를 벡터화하여 ANN(Artificial Neural Network), SVM(Support Vector Machine) 등을 사용하여 기계학습(Machine Learning)을 시켰다. 학습된 결과를 바탕으로 베어링 결함신호를 분류기법을 통해 비교 분석하였다.

4. 결 과

Figure 3은 각 데이터 해석기법에 따른 결함탐지 성공률을 나타낸다. EMD에서 구한 값들의 경우 EEMD에서 구한 값을 사용했을 때와 비교하여 탐지에 성공하는 비율이 유사하게 나오지만 탐지에 실패하는 비율이 높게 나옴을 알 수 있다. entropy

와 kurtosis 값을 이용한 분류에서는 kurtosis값을 이용할 때에 entropy를 사용하여 분류했을 때 보다 높은 결함탐지 성공률을 가지고 있음을 볼 수 있는데 이는 베어링 결함 신호를 분류하는데 있어서 kurtosis값이 entropy값 보다 높은 신뢰도를 갖는 것을 의미한다.

5. 결 론

본 연구에서는 베어링에 발생한 결함을 진단하기 위해 측정된 진동신호를 효과적으로 분리하기 위한 방법을 비교 분석하였다. 베어링이 사용되는 환경에서는 외란 또는 다른 요소들로부터의 진동 등이 분석에 방해가 되는 잡음으로 작용하게 되는데 이러한 효과를 감쇠하기 위해 EEMD를 사용했을 경우 EMD를 사용한 경우보다 상대적으로 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

후 기

위 연구는 국토해양부 “진동신호를 이용한 고속열차용 감속기 이상진단 알고리즘 개발” 및 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012R1A1A2003787).

참고 문헌

- (1) Y Lei, Z He and Y Zi, 2009, Application of the EEMD method to rotor fault diagnosis of rotating machinery, Mechanical Systems and Signal Processing Vol. 23, pp. 1327~1338.
- (2) Bin, G.F., Gao, J.J., and Dhillon, B.S., 2012, Early fault diagnosis of rotating machinery based on wavelet packets—Empirical mode decomposition feature extraction and neural network, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 27, pp. 696~711.
- (3) Widodo, A., Yang, B.S., 2007, Support vector machine in machine condition monitoring and fault diagnosis, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 21, pp. 2560~2574.