

영상 처리 및 최적 필터 설계를 이용한 타이어 패턴 소음 예측 기술 개발

Prediction of Tire Pattern Noise Based on Image Processing and Optimal Filter Design

김병현* · 황성욱* · 이상권†

Byung-Hyun Kim, Sung-Uk Hwang and Sang-Kwon Lee

1. 서 론

설계 단계의 타이어 패턴 소음 예측을 위하여 패턴의 주요 설계인자 중에 하나인 그루브(groove)를 주요 변수로 제어하여 패턴 소음을 예측하는 것이 목표이다. 자동차 타이어 패턴소음 예측에 대한 종래의 연구를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 타이어 패턴소음 발생 기구에 대한 이론적 배경을 바탕으로 타이어 패턴소음 및 그 주파수 특성을 예측하는 연구가 선행되었다. 이를 바탕으로 설계단계에서 패턴소음을 예측하기 위해서 영상처리(image-processing)기술을 이용한 패턴소음예측 기술이 개발되었다. 영상처리 기술을 이용한 패턴소음 예측 방법은 간접적인 방법으로 타이어의 패턴형상에 따른 상대적인 패턴소음의 예측은 가능하지만 이러한 방법은 실제 측정된 패턴소음과 다르다. 따라서 본 연구에서는 영상처리기술과 최적필터이론(optimal filter theory)을 이용하여 실제 측정된 타이어의 패턴소음과 일치하는 타이어의 패턴소음을 예측하는 기술을 개발하고자 한다.

해당하는 패턴신호의 예측이 필요하다. 패턴신호에 대한 예측은 앞 절에서 설명한 바와 같이 각 패턴의 이미지에 대한 영상신호처리 기술을 적용한다. 영상신호처리 기술을 본 연구에 사용된 3가지 상용타이어의 패턴 형태에 적용하여 도출한다.

일반적으로 타이어의 패턴은 5가지 형태를 가지고 타이어의 원주방향으로 반복되고 있다. 3가지 형태의 패턴을 가진 상용 타이어에 대한 패턴소음을 예측하기 위해서 최적필터를 실험으로 구하고 패턴신호를 컨볼루션하면 된다. 예측된 패턴소음과 측정 패턴소음과의 비교를 위해서 3가지 상용타이어에 대한 패턴소음을 실시하였다.

2. 상용 타이어 패턴소음 예측

2.1 영상 처리를 이용한 소음 예측

Fig.1는 본 연구에 사용된 3개의 상용타이어에 대한 패턴형상을 보여준다. 이러한 3가지 패턴 형상에 대한 패턴소음을 예측하기 위해서 시스템의 입력에

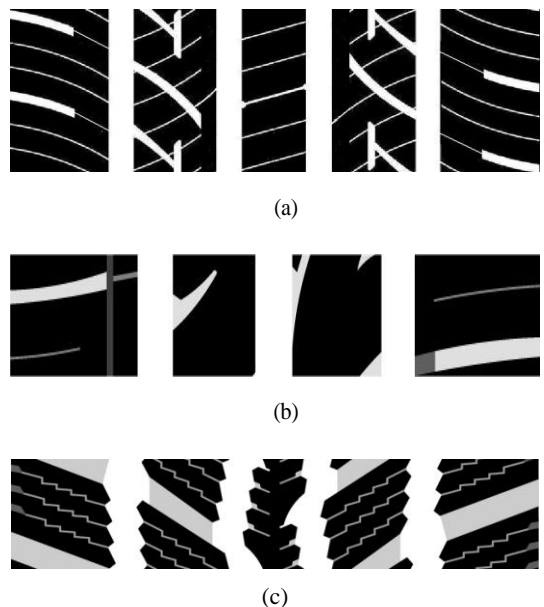


Fig.1 Pattern shape of four commercial tires and their pattern image (a) No.1 (b) No.2 (c) No.3

† 교신저자; 정회원, 인하대학교 기계공학과
E-mail : sangkwon@inha.ac.kr
Tel : 032)860-7305, Fax : 032)868-1716

* 인하대학교 기계공학과

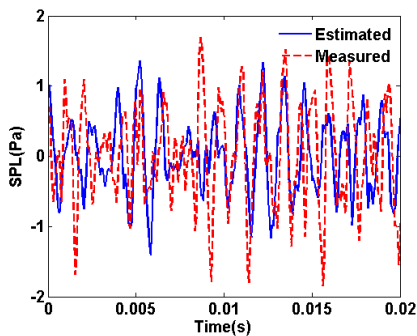
패턴소음 실험은 검증용 소음 측정 시험과 동일한 방법으로 실차의 1/4 중량을 가한 상태에서 타이어를 설치하여 60km 속도로 정속 운동하였다. 타이어 소음 측정용 지그 앞 1m, 20cm 높이에 마이크로폰을 설치하여 음압을 측정한다.

2.2 최적 필터 도출

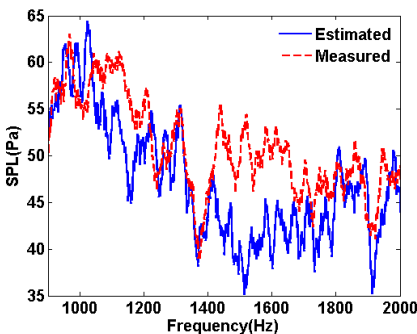
상용타이어 패턴소음 예측을 위해서 시스템 충격 응답함수가 필요하다. 시스템 충격응답함수를 나타내는 최적필터를 예측하기 위해서 패턴신호와 측정된 패턴소음을 이용하였다. 패턴신호와 측정된 패턴소음을 최적필터공식에 대입하여 구한 전달함수를 구한다. 이 과정은 각각의 패턴소음에 대한 최적필터를 구하여 역 변환 퓨리에 변환 기술을 적용하여 평균화된 최적필터를 구현하였다.

2.3 컨볼루션 이론 적용 상용패턴 소음 예측

앞 절에서 구한 시스템 충격응답함수는 60km를 대표하는 충격응답함수임으로 다른 상용타이어 패턴에도 적용이 가능하다.



(a)



(b)

Fig.18 Comparison between the estimated pattern noise and the measured pattern noise for commercial tire (a)Time domain (b) Frequency domain

적용가능 여부를 확인하기 위해 앞서 사용된 No.1~3이 아닌 다른 상용타이어에 적용하였다. 다른 상용타이어에 대한 패턴신호는 영상신호처리를 이용하여 구하였고, 이 패턴신호를 충격응답함수와 컨볼루션하여 타이어의 패턴소음을 예측하였다. 또한 검증을 위해서 타이어의 패턴소음을 측정하여 예측된 패턴소음과 비교하였다. Fig.3은 예측값과 측정값을 비교한 것으로 오차는 다소 높으나 경향성이 비슷함을 확인 할 수 있다. 상용타이어의 패턴은 그 형상이 복잡하기 때문에 발생하는 오차이지만 타이어의 패턴에 따른 패턴소음 개발에 유용하게 사용된다.

3. 결 론

본 연구에서는 최적필터이론을 시스템 충격응답함수 규명에 응용하였다. 따라서 타이어 소음 측정에 사용되는 지그에 대한 충격응답함수를 예측하였다. 이 충격응답함수는 다양한 패턴을 갖는 타이어의 패턴신호와 컨볼루션하여 패턴소음을 예측하였다. 다양한 패턴을 갖는 타이어의 패턴신호는 선행 연구에서 개발된 영상신호처리기술을 이용하였다. 이 결과를 상용타이어에 적용하기 위해서 복잡한 타이어 패턴형태를 갖는 4개의 상용타이어에 대한 패턴소음을 예측하고 그 결과를 검증하였다. 다소 오차가 존재하지만 각 타이어의 패턴형태의 변화에 대한 패턴소음 예측에 대한 경향성을 매우 일치 함으로 설계 초기단계에 패턴소음을 예측하고 개발하는데 유용하게 사용 할 수 있다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0014260)