

학습 조건이 엔진 블록 진동 기반 실린더 내부압력 예측 딥러닝 모델의

정확성에 미치는 영향

박 찬 수¹⁾ · 김 경 곤¹⁾ · 김 우 영¹⁾ · 전 지 연²⁾ · 전 미 연²⁾ · 배 충 식^{*1)}

한국과학기술원 기계공학과¹⁾ · 한국조선해양²⁾

The Effect of Learning Conditions on the Accuracy of Deep Learning

Models for Prediction of In-cylinder Pressure Based on Engine Block

Vibration

Chansoo Park¹⁾ · Gyunggon Kim¹⁾ · Wooyung Kim¹⁾ · jeeyeon Jeon²⁾ · Miyeon Jeon²⁾ · Choongsik Bae^{*1)}

Korea Advanced Institute of Science and Technology¹⁾, Korea Shipbuilding & Offshore Engineering²⁾

Key words : Learning condition(학습 조건), Deep learning(딥러닝), Engine block vibration(엔진 블록 진동), In-cylinder pressure estimation(실린더 압력 예측), Accelerometer(가속도계)

* 교신저자 성명, E-mail: csbae@kaist.ac.kr

엔진 실린더 내부 압력의 정확한 측정은 엔진의 운전 상태 진단과 제어에 필수적이다. 피에조 방식의 압력센서(Piezo-electric pressure sensor)의 경우 높은 정확도를 보이지만 실린더 내부의 잦은 압력변화와 열부하로 인해 내구성이 낮으며, 높은 가격으로 인해 유지보수 측면에서 어려움이 있어왔다. 본 연구에서는 실린더 내부 압력을 압력 센서 없이 대체 측정하기 위해, 엔진 블록에 가속도 센서(Accelerometer)를 이용하여 엔진 연소 시 발생하는 엔진 블록 진동을 측정하였다.

엔진 블록 진동 신호를 실린더 내부 압력 신호로 변환하기 위한 변환 함수로는 최근 여러 학문 분야에서 활발하게 연구되고 있는 딥러닝(Deep learning) 방법을 사용하였다. 이를 위해, 가속도 센서로 측정한 엔진 블록 진동 신호를 딥러닝 모델의 입력(Input)으로 설정하고, 압력센서로 측정한 실린더 내부 압력 신호를 딥러닝 모델의 출력(Output)으로 설정하여 지도학습(Supervised learning)을 수행하였다.

특히 본 연구에서는 1L 급 단기통 디젤 엔진을 천연가스-디젤 이중연료 혼소 엔진(CNG-Diesel dual fuel engine)으로 개조하여 연구를 수행하였다. 흡기압력, 연료분사시기, 엔진부하, 천연가스의 디젤 대체비율을 주요 엔진 운전 변수로 하여 학습 조건과 테스트 조건을 구성하였다. 테스트 조건은 학습조건에 한 번도 포함되지 않은 조건들로 구성하여 딥러닝 모델의 과적합 문제를 해결하였으며, 흡기압력이 자연 흡기 조건만을 포함하는 학습조건(A)와 과급 조건을 포함하는 학습조건(B)에 대해 동일한 테스트 조건의 예측 정확도를 비교하는 방식으로 학습 조건의 구성이 모델의 예측 정확성에 미치는 영향에 대해 비교 분석하였다. 또한 정확한 분석을 위해 테스트 조건에 인접한 학습 조건들의 형태 분석을 수행하였다. 이를 통해, 테스트 조건의 실린더 내부 압력과 형태적으로 비슷한 학습 조건이 많을수록 테스트 조건의 예측 정확도가 향상된다는 결론을 도출하였다.