

신경회로망을 이용한 데이터 기반의 스팀시스템 모델링 연구

연보*, 박기현*, 김동현*
경남대학교*

A Study on Data-based Steam System Modeling Using Neural Networks

Bo Yan*, Ki Hyeon Park*, Dong Hun Kim*
Kyungnam University*

Abstract - 본 연구에서는 스팀시스템을 빠르고 정확하게 제어하기 위하여 스팀시스템을 모델링 하는 것이고, 이를 위해 데이터 기반의 인공지능 접근 방식을 제시하는 것이다. 데이터는 저진폭 및 고진폭의 단계 신호, 펄스 신호 및 다단계 신호와 같은 여러 입력 프로파일로 구성하여 수집한다. 그 결과 모두 1kHz의 샘플링 주파수로 측정된 4개의 입출력 데이터 세트를 생성한다. 실험을 통해 신경회로망을 기반으로 데이터세트로 비선형성이 있는 스팀시스템을 실시간 애플리케이션에서 높은 정확도와 미분이 필요없는 낮은 계산 복잡성의 장점을 가지고 있다는 것을 보여주려고 한다. 결과로서 제안된 신경회로망 모델로 실제의 스팀시스템을 대체하여 최적의 제어를 설계하는데 제안된 신경망 모델링이 효과적이라는 것을 보여주려고 한다.

1. 서 론

일반 세차시스템의 경우, 물 사용량이 많고, 세척액의 사용으로 인한 오염 및 오염수 처리 시설이 필요하며 장비가 고가이다. 스팀세차 시스템의 경우 물 사용량이 매우 적으며 세척액 사용이 없으므로 오염 문제가 없고 저가의 이동형 시스템 제작이 가능하다. 스팀세차 시스템에는 보일러 가열 방식과 고주파 유도가열 방식의 스팀세차 시스템이 있다. 보일러 가열 방식 스팀시스템의 경우, 보일러에 저장된 물을 가열하기 위한 예열 시간이 필요하며, 새로운 물이 제공되는 경우 스팀 발생이 중단되는 문제가 있으나, 제안된 스팀시스템은 스팀 발생 배관에 열을 인가하는 것으로 예열 시간이 짧고 연속적인 스팀 제공이 가능하다. 고주파 유도가열 방식 스팀세차 시스템의 경우, 코일에 대한 냉각 장치가 필요하며 정밀 제어를 위한 복잡한 회로 및 구조가 요구된다. 제안된 스팀시스템은 별도의 냉각 장치를 생략하고 정밀 제어 회로를 구현하지 않아도 제어를 수행할 수 있다.

현재 제안된 스팀세차 시스템은 전체 회로 구성을 하였고, 제어 프로그램이 정상 작동된다. 하지만, 스팀 압력, 온도 값이 설정 값으로의 조절이 안정적이지 않아 스팀 온도 제어가 정상적으로 이루어지지 않고 있다. 이것으로 인해 불필요한 전력 손실이 발생하고 있다. 현재, 배관온도 및 압력제어의 안정 제어를 위해 PID제어기법을 적용하고 있으나 일정 값 이하에서는 온도의 Hunting 문제가 상당 개선되었으나, 일정 값을 상회한 온도로 제어할 경우 안정적인 온도제어가 해소되지 않아 문제가 여전히 존재하고 있다.

2. 본 론

2.1 연구목적

제안된 모델링대상의 스팀시스템은 기존의 스팀 발생기를 개선하여 전력 및 물 사용량을 절감하고, 제품의 크기를 크게 감소시켜 이동식 스팀세차시스템 적용에도 가능한 모델을 대상으로 한다. 이상적인 스팀 시스템은 스팀에 사용되는 소량의 물만을 공급하여 전력 소모가 적고, 급속 가열이 가능하며 스팀의 온도 조절, 온도 및 압력을 쉽게 제어하는 것이다.

2.2 연구접근

제안하는 시스템 모델은 두 개의 열선으로 구성된 히터, 스팀 장치로 구성되어 있다. 계측을 위해 세 개의 온도 센서, 압력 센서들과 데이터 로깅장치로 실시간으로 데이터를 수집한다. 스팀 시스템을 구성하는 1차와 2차의 히터 온도와 펌프에 들어가는 물의 압력을 데이터 입력 세트로 설정한다. 출력은 스팀온도이다. 제어 목적은 부하변동에도 최적의 스팀온도로 출력을 유지시키는 것이다. 현재의 방법은 PID 제어기로 Rulle&Thumbs(주먹 구구식) 방법을 사용하여 PID 이득(gain)을 설정하여 제어하고 있다. 하지만, 적절하지 않은 PID 제어기 이득으로 부하변동에 의해 변화되는 스팀온도를 제어하는 것이 매우 어려운 상황이다. 이것은 제어대상인 스팀시스템에 대한 적절한 수학적 모델 없이 제어기 이득을 사용하기 때문이다. 이상적인 제어 방식은 스팀시스템을 수학적식으로 모델링하여 플랜트 모델링 수식을 얻은후 시뮬레이션을 통해 적절한 PID 제어기 이득을 얻는 것이다. 그리고 나서, 실제 실험에서 PID 제어기에 시뮬레이션에서 얻은 PID 제어기 이득값을 사용하는 것이다. 이러한 제어시스템이 성공적으로 제어목적에 얻기 위해서는 정확하게 제어대상인 스팀 시스템을 모델링하는 것이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 스팀 시스템을 정확하게 모델링하기 위하여 데이터 기반의 모델링 방식으로 접근하여 기존의 방법과 제안하는 AI 모델인 신경 회로망 결과를 비교하려고 한다.

2.3 데이터기반모델링접근방법

스팀 시스템의 입력 및 출력 신호를 측정하기 위한 실험을 한다. 데이터는 저진폭 및 고진폭의 단계 신호, 펄스 신호 및 다단계 신호와 같은 여러 입력 프로파일로 구성하여 수집한다. 그 결과 모두 1kHz의 샘플링 주파수로 측정된 4개의 입출력 데이터 세트를 생성한다. 모델링에 사용된 다섯 가지 선택된 데이터 세트를 생성하여 분석을 위해 데이터를 추정 및 검증 세트로 나눈다. 결과로서 데이터 세트 1, 2 및 3은 모델 생성에 사용하고 데이터 세트 4 및 5는 모델의 성능 검증에 사용한다. 데이터 세트는 5Hz의 주파수로 다운 샘플링한다.

2.4 신경회로망 설계

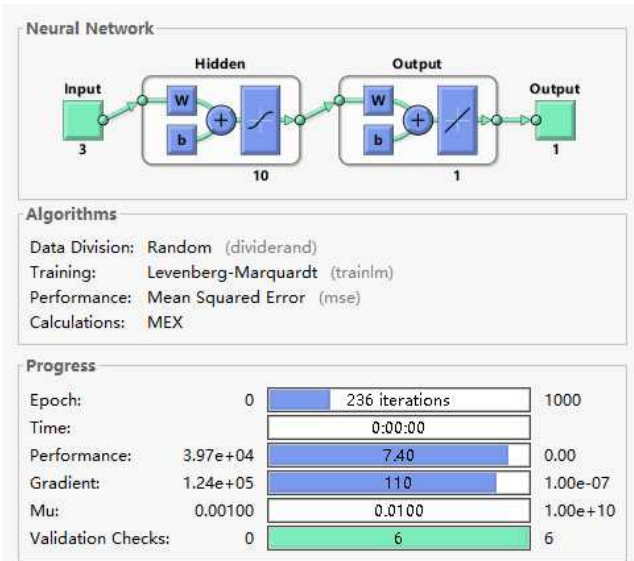
학습데이터를 가져와서 신경회로망의 파라미터인 웨이트 값을 구성하며, 학습을 시킨다. 그리고 나서, 예측 결과를 얻는다. 계측을 위해 3개의 온도 센서, 압력 센서들과 데이터 로깅장치로 실시간으로 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 엑셀파일로 변화하여 저장한다. 입력데이터는 세 종류로 스팀 시스템을 구성하는 1차와 2차의 히터 온도와 물의 압력으로 설정한다. 스팀 온도를 출력으로 입력과 함께 4개의 열로 한 행을 구성 시킨다. 얻어진 파일은 데이터 기반의 모델링 접근 방식으로 충분한 epoch 로 학습률을 사용하여 신경회로망 파라미터를 학습시킨다. 신경회로망의 학습알고리즘으로는 세 종류의 Levenberg-Marquardt, Bayesian Regularization, Scaled Conjugate Gradient를 사용하여 결과를 비교한다. 학습후 Matrix-Only Functions를 사용하여 적용되는 데이터에 대하여 예측 결과를 도출한다.

2.5 모델링

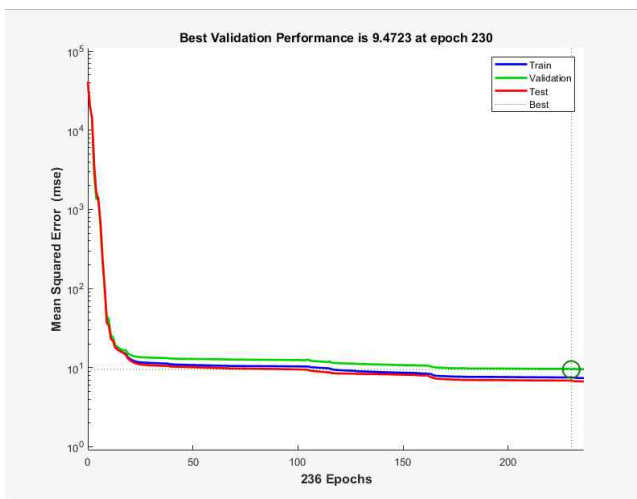
그림1은 신경망구조를 나타낸다. 모델링한 신경망에는 1개의 은닉층과 뉴런의 수는 10개로 구성된다. 알고리즘에서 데이터 분할 (Data Division)은 신경망이 무작위 분할하여 데이터를 훈련, 검증 및 테스트로 나눈다. 훈련 (Training)은 신경망 훈련에 Levenberg-Marquardt 알고리즘을 사용한다. 성능(Performance)은 신경망에 평균 제곱 오차(MSE)를 사용하여 오류를 계산한 값을 보여준다.

계산 결과(Calculations)는 mex형식으로 저장된다. Epoch는 신경망에서 허용하는 최대 반복 횟수가 1000이고 실제 반복이 236회임을 나타낸다. Performance는 신경망의 목표오차0, 실제 오차는 7.4임을 보여준다. 그림2는 236회 반복한 범위에서 230번째에서 가장 작은 오차값을 보여준다. Validation Checks는 네트워크의 일반화 능력 검사 기준을 나타내며, 실제 값 0은 훈련 과정에서 오류가 계속 감소하는 것을 의미하며, 6회 반복하는 동안 검증 오차가 연속하여 증가할 때까지 훈련이 계속된다.

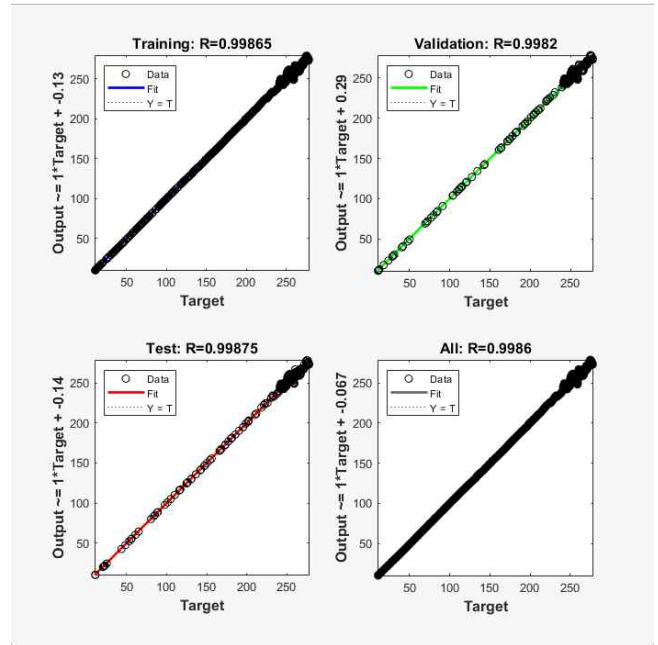
그림3에서 회귀플롯은 훈련 세트, 검증 세트, 테스트 세트의 응답 변수(목표값)에 대한 신경망 예측 변수(출력값)를 나타낸다. 45도 직선에 있어야 완벽한 훈련이며 이 직선에 있는 신경망 출력값은 목표값과 같다. 현재실험에서 99% 근사값을 보여준다.



<그림 1> Matlab 신경망 회로



<그림 2> 신경망 Performance



<그림 3> 신경망 Regression

3. 결 론

산업시스템에 신경망 모델링을 적용하는 것은 매우 많은 분야에서 활용될 수 있다. 물리적 법칙으로 모델링이 어렵거나, 비선형적 특성으로 동작하는 시스템에 신경망 모델링은 효과적인 수 있다. 제안된 연구에서는 스팀시스템 모델링을 위해 신경회로망을 사용한 경우이다. 신경망 모델에 의해 설계된 제어기를 통해 완성되는 스팀제어 시스템의 적용 분야는 스팀시스템을 사용하는 소독과 세차 분야가 될 것이다. 적용분야는 병원의 경우 병원에서 사용하는 의료용 기기와 작업환경에 대하여 광범위하게 사용될 수 있다.

감사의 글

본 논문은 과학기술정보통신 부 지원을 받아 경남 SW융합클러스터 2.0 특화산업 강화사업으로 수행한 연구 결과임.