작품요약서

작품명	물소리만 듣고 컵의 모양을 알 수 있을까? 역할 분담 신경망과 물리 법칙으로 풀어낸 음향 형상 역추적				
구 분	학생부	출품부문	산업 및 에너지	출품번호	1434
출 품 자	성 명	소 속(학교)		학년(직위)	
지도교원					

탐구 동기 및 목적



물 따를 때 소리 : '또르륵'에서 '띠리릭'

수위가 높아지며 공명 진동수가 이동

→ 소리 통해 기하학적 정보 알 수 있다!

그렇다면 소리를 통해
보이지 않는 병의 모양을 알 수 있을까?

한 순간의 소리만 듣고 병의 형상을 추정하는 것은 수학적으로 불가능

하나의 소리 ↘ 하나의 형상 (비유일성 문제)

→ **물을 따르면서 추정**
- **측정을 여러 번 한다 → 비유일성 문제 해결!**

물을 따르면서 얻은 공명 특성만으로,
미지의 병, 공동(cavity)의 형상을 추정해보자!

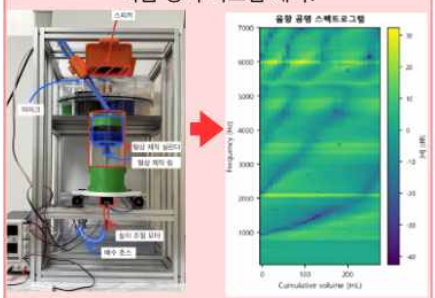
→ 미지의 형상 = 공명 진동수를 수식으로 나타낼 수 없음

물리 기반 시뮬레이션 + 인공 신경망 기반 형상 추정 시스템 개발

탐구 과정

물 떨어지는 소리 측정 시스템 제작

임의의 형상을 갖는 컵을 조립하고
그 컵의 공명 특성을 얻을 수 있는
녹음 장치 시스템 제작!



마이크 + 스피커 + 형상 제작 링

사인파 스윕 + 역합성곱

→ 비율 **전달함수** 도출!

컵이 아닌 요인에 의한 영향 제거

물을 따르면서 측정

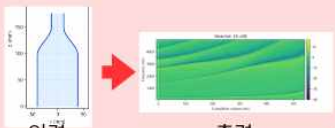
→ 병의 높이에 따른 공명 특성 Spectrogram을 얻을 수 있음!

시뮬레이션 제작

→ **컵의 형상**을 입력하면 **소리**를 출력하는 시뮬레이션 제작!

→ **1차원 전달행렬법(TMM) 이용**

→ **10만개 병에 대한 학습 데이터 확보!**



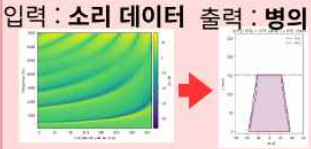
입력 출력

신경망 학습

RNN(LSTM)으로 학습 및 추론

높이 + 높이 별 반지름(25개) 추정

입력 : **소리 데이터** 출력 : **병의 형상**

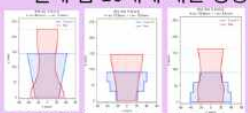


역할 분담 신경망 제작/결합

파란색: 실제 형상 빨간색: 추정 형상

실제 컵 형상 추정(1차 시도)

실제 컵 10개에 대한 형상 추정



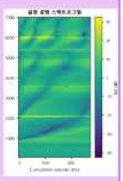
파란색: 실제 형상
빨간색: 추정 형상

1차 시도 - 높이 오차 평균 82.2mm
반지름 오차 평균 10.9mm

증강학습

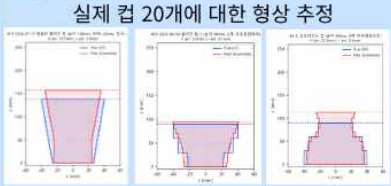
가로줄 의한 스펙트로그램 오염
→ 오차의 원인으로 진단

이전의 학습 데이터에
임의의 위치와 세기를 가지는
가로줄 추가하여 증강학습



재도전

실제 컵 20개에 대한 형상 추정



높이 오차: 82.2mm → **17.1mm**
지름 오차 : 10.9mm → **6.2mm**

증강을 통한 오차 줄이기 성공!

파란색: 실제 형상 빨간색: 추정 형상

탐구 결과 및 의의

1) 병의 **공명 특성**을 얻는 **장치 구축!**
2) 형상을 보고 소리를 출력하는 **TMM 시뮬레이터 제작!**
3) **소리로부터 형상을 추정하는 LSTM 모델 제작!**
4) 실측 데이터로 추정했을 때 높이 평균 오차 17.1mm,
반지름 평균 오차 6.2mm 이내로 **높은 추정 성능을 보임!**
5) 물리 원리를 적용한 **TTR로 정확도 향상** 연구 진행 중!

형상 추정하는 하나의 통합된 시스템 개발 성공!

활용 방안 비파괴 형상 검사 → 높은 가치!

1) 배관 내부의 막힘(슬래그) 탐지
2) 가스 잔량/찌꺼기 실시간 진단

