문서번호: Dev-24-03-22-001

한국건설기술연구원 SOC 실증센터
현장 노면 데이터 수집 및 인공지능 제작 실험 보고서

2024년 3월 22일

소속/성명: 개발팀/권현준

배경

(주)모바휠은 운전자들을 대상으로 주행 중인 차량이 실시간으로 노면의 상태를 분류할 수 있는 Safety 서비스를 제공하기 위해 차량용 모빌리티 센서 시제품을 개발함.

개발한 센서를 차량에 부착하여 주행 테스트(음파수신 및 내구성 테스트)를 수행하고, 노면 분류 인공지능 모델 학습에 필요한 다양한 조건의 노면 데이터를 수집 및 학습하기 위해 한국건설기술연구원 SOC 실증센터(경기도 연천군)에 방문하여 데이터를 수집함.

상기의 과정을 통해 개발된 시제품의 제품화 가능성을 검토해보기로 함.

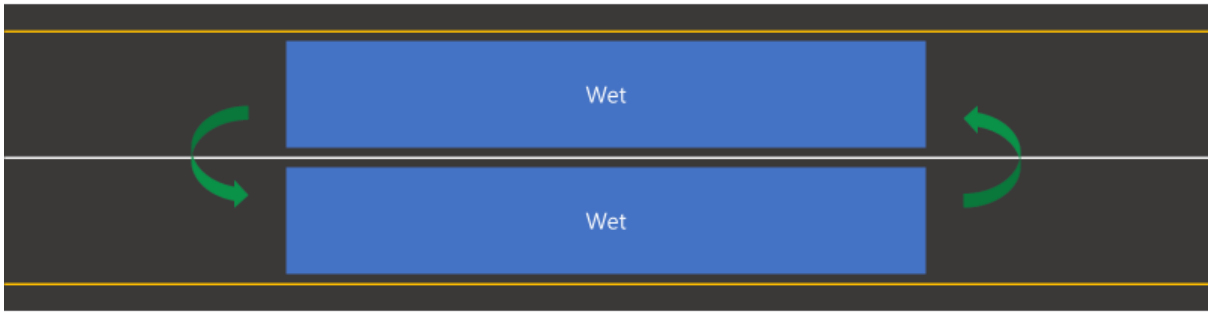
실험

1. 음파 센서를 차량에 탑재한 채로, 건조, 습윤, 결빙 노면에 음파 센서를 노출시켜 실시간으로 데이터를 수집.
2. 수집된 데이터를 (주)모바휠이 보유한 전처리 알고리즘으로 가공.
3. 가공 데이터를 (주)모바휠이 보유한 AI 신경망 모델에 학습시켜 노면 분류가 가능한지 검토하고자 함.

데이터 수집 환경은 다음 *그림 a)~c)*에서 보이는 바와 같음.

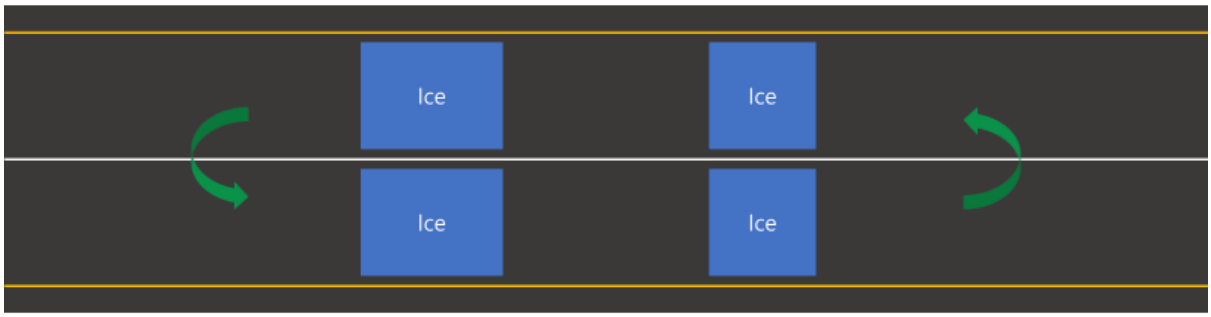
(그림 a) 건조 노면 구성도

건조 노면은 길이가 50m이고 폭이 3m로 구성, 2개의 차선을 왕복하며 데이터를 수집함.



(그림 b) 습윤 노면 구성도

습윤 노면은 길이가 50m이고 폭이 3m로 구성, 2개의 차선을 왕복하며 데이터를 수집함.



(그림 c) 결빙 노면 구성도

결빙 노면은 각각 4.5*3㎡와 3*3㎡의 면적으로 구성, 2개의 차선을 왕복하며 데이터를 수집함.

9회차로 나누어 건조/습윤/결빙 그리고 전체 데이터를 한번에 모으는 작업을 수행하였으며, 각 노면에서 주행 속도는 최소 5kph에서 최대 30kph까지 유지함.

(상세한 데이터 수집 절차는 아래 표를 참고)

차수	시간	속도	노면	개수
1차	02:46:34 ~ 03:08:23	5	결빙	223
2차	03:09:04 ~ 03:26:02	10	결빙	846
3차	03:27:15 ~ 03:36:03	30	결빙	252
4차	04:32:25 ~ 04:49:35	10	젖음	1697
5차	04:51:10 ~ 04:59:54	30	젖음	861
6차	05:10:20 ~ 05:24:59	10	건조	1451
7차	05:25:12 ~ 05:32:31	30	건조	725
8차	06:29:49 ~ 06:50:45	30	전체	2091
9차	06:52:16 ~ 06:58:55	30	전체(소등)	664

[표1] 데이터 수집 요약

2024.02.28에 학습용 데이터 6,055개(건조: 2,176개 / 습윤: 2,558개 / 결빙: 1,321개)를 수집함.

※ 8, 9회차 데이터 실험 배제: '전체' 노면은 노면을 특정하지 않고 자유롭게 주행한 경우로 노면 분류를 위한 감독학습에 유용하지 않은 데이터로써 본 실험에서는 사용을 배제함.

결과

건조, 습윤, 결빙 각 클래스 당 179개의 데이터를 사용하여 AI 학습 및 검증을 진행함.

실험 데이터를 건조, 습윤, 결빙 각 구간을 주행하는 차량이 습윤, 결빙 노면에 차량이 정차한 상태가 아니라 구간을 서로 왕래하며 데이터를 수집하였으므로, 본 실험에서는 음파 센서의 지면 타격점이 습윤, 결빙 노면에 온전히 위치하는 케이스만 정제했으며 노면 분류 AI 모델 제작 시 정제된 데이터만 AI 학습/검증 데이터로 사용.

학습, 검증, 테스트에 사용된 각 노면 별 데이터셋의 수는 각 125, 27, 27개로 (비율: 70:15:15),

[표2~4]에 제시된 결과는 아래와 같은 의미를 가짐.

1. 훈련 혼동행렬: AI 모델이 최적화를 위해 데이터 학습 및 학습한 데이터를 대상으로 노면 예측한 결과 정확도를 보임.
2. 검증 혼동행렬: AI 모델이 1epoch(학습단위) 종료 후 학습하지 않은 새로운 데이터를 대상으로 노면 예측한 결과 정확도를 보임.
3. 테스트 혼동행렬: AI 모델이 모든 epoch를 종료 후 마지막으로, 학습 및 검증 과정에서 사용되지 않은 새로운 데이터를 대상으로 노면을 예측한 결과 정확도를 보임.

본 실험에서 제작한 노면 분류 모델의 클래스는 건조(dry), 습윤(wet), 결빙(ice) 세 가지로 구성됨.

Accuracy(%) = 100		Ground truth			Precision (%)
		dry	wet	ice	
Predict (%)	dry	**125**	0	0	100
	wet	0	**129**	0	100
	ice	0	0	**121**	100
Recall(%)		100	100	100	**100**

[표2] 훈련 혼동행렬

Accuracy(%) = 95.1		Ground truth			Precision (%)
		dry	wet	ice	
Predict (%)	dry	**24**	1	0	96
	wet	0	**25**	2	92.6
	ice	0	1	**28**	96.6
Recall(%)		100	92.6	93.3	**95.1**

[표3] 검증 혼동행렬

Accuracy(%) = 95.1		Ground truth			Precision (%)
		dry	wet	ice	
Predict (%)	dry	**30**	0	1	96.8
	wet	0	**22**	2	91.7
	ice	0	1	**25**	96.2
Recall(%)		100	95.7	89.3	**95.1**

[표4] 테스트 혼동행렬

검증 및 테스트 혼동행렬에서 보이는 AI 모델의 정확도는 95.1%의 수치를 보임.

이러한 결과는 적정한 데이터가 수집된다는 가정 하, (주)모바휠이 보유한 음파 전처리 기술과 인공지능 신경망 기술로 결빙 노면을 포함한 노면 인식 분야에서 인공지능 모델 이식성(Portability)과 범용성 (Generality)을 확보할 수 있음을 의미한다고 사료됨.