

스마트폰을 사용한 포장도로와 비포장도로의 분류에 관한 연구

김용산, 김승구

충북대학교, 충북대학교

ys100699@chungbuk.ac.kr, kimsk@cbnu.ac.kr

A Study on the Classification of Paved and Unpaved Roads Using Smartphones.

Kim Yong San, Kim Seung Ku

Chungbuk Univ., Chungbuk Univ.

요약

본 논문은 스마트폰으로 수집한 도로의 데이터를 기계학습과 딥러닝 기법을 사용하여 비포장도로와 포장도로로 분류하였다.

I. 서론

본 논문에서는 도로를 포장도로와 비포장도로로 분류하였다. 도로 모니터링 기술은 도로를 유지보수하는 데 필요한 기술이다. 잘 관리된 도로는 안전과 편의에 기여하고 [1] 연료 효율을 개선하거나 [2] ITS(Intelligent Transportation Systems)에서 중요한 역할을 한다. [3]

도로의 분류는 ITS에서 가장 중요한 것 중 하나이다. 도로의 분류 정보를 이용하여 차량의 손상, 연료의 소비를 줄일 수 있으며 물류 시스템에서 비용이 적은 경로를 계획할 수 있다. 또한 도로의 검사 작업, 그중에서 비포장도로의 검사는 도로 건설 프로세스에서 중요한 단계이다. [4] 하지만 기존의 도로 검사 방식은 사람에 의해 수행되므로 주관적이고 노동집약적이며 오랜 시간이 걸린다. [5] 이런 문제를 해결하기 위해 최근에 ITS를 위해 스마트폰을 사용하는 방식들이 연구되고 있다. 이런 방법들은 주로 스마트폰으로 수집한 데이터를 사용해 도로의 종류나 도로의 이상을 감지하고 이를 디지털 지도에 시각화한다.

스마트폰을 활용하여 도로를 분류하는 기존의 연구들은 카메라를 사용한 방식 [6]과 가속도계를 사용한 진동 기반의 방식 [7]이 존재한다. 카메라를 사용한 방식은 높은 정확도를 보이지만 개인정보에 대한 문제가 생길 수 있다. 반면에 진동 기반의 방식은 카메라를 사용한 방식에 비해 낮지만 그래도 93% 정도의 정확도를 지녔고 개인정보 문제에 자유롭다. 가속도계를 사용한 기존의 논문은 GPS(Global Positioning System)를 사용해 계산한 속도에 관한 데이터와 가속도계의 데이터, 자이로 스코프의 데이터를 사용하여 도로를 분류하였다. 저자는 GPS로 계산한 속도 데이터 없이 데이터를 수집하고 RF(Random Forest), LSTM(Long Short Term Memory), CNN(Convolutional Neural Network)을 사용하여 이를 분류하였다.

본 연구는 gps와 gps 정보를 바탕으로한 속도 데이터를 사용하지 않고 스마트폰의 내장된 가속도계와 자이로스코프를 사용하여 도로의 데이터를 수집하였고 포장도로와 비포장 도로를 기계학습 기법과 딥러닝 기법을 사용하여 분류하였다. 그 결과, lstm 모델이 95.9%의 정확도를 보이며 가장 높았다.

II. 본론

본 논문에서는 K3 차량과 안드로이드 환경의 애플리케이션을 사용해 데이터를 수집하였다. 이 애플리케이션은 가속도계, 자이로스코프의 두 가지 센서로 데이터를 수집한다. 샘플링 속도는 100Hz로 설정하였고 총 8가지의 변수의 데이터를 수집한다. 이 변수에는 가속도계의 x축, y축, z축의 데이터, 자이로스코프의 x축, y축, z축의 데이터, 타임스탬프, 레이블이 포함된다. 포장도로의 데이터는 청주의 시내, 비포장 도로의 데이터는 청주 상당구 가덕면 한계리 440, 상당구 가덕면 한계리 261 인근에서 수집하였다. 데이터셋트는 train과 test 데이터로 9:1로 분할 하였다. 본 논문에서는 데이터 각각 1, 2, 3초의 세그먼트로 분할하여 각 모델을 훈련시켰다. 컨볼루션 신경망(CNN)은 동물의 시각피질의 구조에서 영감을 받아 만들어진 딥러닝 신경망 모델이다. 컨볼루션 신경망은 다수의 층으로 된 특징을 추출하는 부분과 앞 부분에서 획득된 특징을 사용하여 분류 등의 작업을 담당하는 부분으로 구성된다. 본 논문에서 사용한 CNN은 3개의 컨볼루션 레이어, 2개의 풀링 레이어, 1개의 드롭아웃 레이어, 1개의 플레튼 레이어, 1개의 덴스 레이어로 구성되어있다. 컨볼루션 레이어는 Swish함수를 사용하였고 커널의 크기는 4로 하였다. 덴스 레이어에서는 소프트맥스 함수를 사용하였다. LSTM은 RNN의 일종으로 RNN에서 발생할 수 있는 그라디언트가 쉽게 소멸하는 문제를 완화하기 위한 모델로, 내부에 저장공간을 갖는다.본 논문에서 사용한 LSTM 모델은 100개의 유닛으로 구성된 은닉 레이어와 소프트맥스 함수를 사용한 덴스 레이어로 구성되어있다. 랜RF는 의사 결정 트리에 앙상블 기법을 적용한 모델로 주어진 데이터에 대해서 여러 개의 결정 트리를 만들어 이들을 함께 사용하여 성능을 높이는 모델이다.

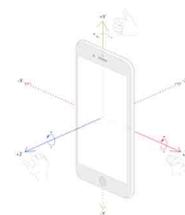


그림 1. 스마트폰의 좌표축 [8]



그림 2. 상당구 가덕면 한계리 440 인근 비포장도로 [9]



그림 3. 상당구 가덕면 한계리 261 인근 비포장도로 [9]

III. 결론

본 논문에서는 스마트폰의 가속도계와 자이로스코프 센서를 사용해 데이터를 수집하고 기계학습과 딥러닝 기법으로 분류하였다. 각각의 모델의 테스트 결과는 표1과 같고 LSTM에서 95.9%의 가장 높은 정확도를 보였고 CNN은 94.7% RF는 90.7%의 정확도를 보였다. GPS없이 가속도계의 데이터와 자이로스코프의 데이터만을 사용하더라도 95.9%의 정확도로 도로의 분류를 할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

모델	1초	2초	3초	평균
CNN	0.943	0.947	0.935	0.942
LSTM	0.959	0.954	0.949	0.954
RF	0.884	0.895	0.907	0.895

표 1. 각 모델의 정확도

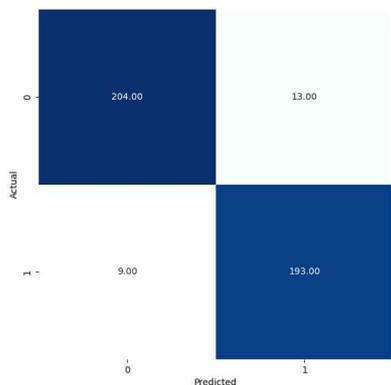


그림 4. CNN 모델의 컨퓨전 매트릭스

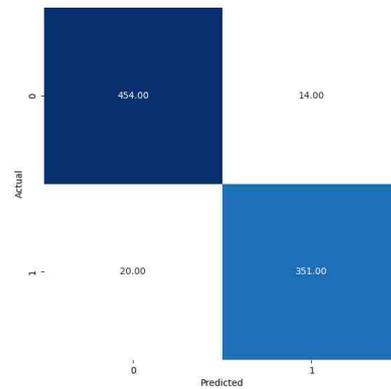


그림 5. LSTM 모델의 컨퓨전 매트릭스

참고 문헌

- [1] Mohamed, Adham, et al. "RoadMonitor: An intelligent road surface condition monitoring system." Intelligent Systems' 2014: Proceedings of the 7th IEEE International Conference Intelligent Systems IS'2014, September 24 - 26, 2014, Warsaw, Poland, Volume 2: Tools, Architectures, Systems, Applications. Springer International Publishing, 2015.
- [2] Vittorio, Astarita, et al. "Automated sensing system for monitoring of road surface quality by mobile devices." Procedia-Social and Behavioral Sciences 111 (2014): 242-251.
- [3] Luo, Dawei, Jianbo Lu, and Gang Guo. "Road anomaly detection through deep learning approaches." IEEE Access 8 (2020): 117390-117404.
- [4] Pereira, Vosco, et al. "Classification of paved and unpaved road image using convolutional neural network for road condition inspection system." 2018 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA). IEEE, 2018.
- [5] Tan, Yumin, and Yunxin Li. "UAV photogrammetry-based 3D road distress detection." ISPRS International Journal of Geo-Information 8.9 (2019): 409.
- [6] Pereira, Vosco, et al. "Classification of paved and unpaved road image using convolutional neural network for road condition inspection system." 2018 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA). IEEE, 2018.
- [7] Menegazzo, Jeferson, and Aldo von Wangenheim. "Multi-contextual and multi-aspect analysis for road surface type classification through inertial sensors and deep learning." 2020 X Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC). IEEE, 2020.
- [8] <https://docs-assets.developer.apple.com/published/96e9d46b41/ab00c9d5-4f3d-475b-8020-95066068a18d.png>
- [9] <https://map.cheongju.go.kr/main.do#NavAero>