

사업용 차량을 이용한 노면결빙 검지시스템

장진환 인프라안전연구본부 연구위원

| 들어가며

2019년 12월에 발생한 상주-영천 고속도로 도로 살얼음(블랙아이스) 교통사고 등으로 인해 이에 대한 방지 대책 마련이 시급한 현안으로 떠오르고 있다. 도로 살얼음은 도로 표면에 얇게 형성된 얼음층으로 육안으로 파악하기가 쉽지 않아 교통사고 위험성이 크다. 스웨덴의 한 연구에 따르면 노면이 결빙되었을 경우 사고 위험성은 마른 노면에 비해 최대 20배까지 높아진다고 주장하였다.

도로 살얼음을 예방하는 방법으로는 포장 내부 열선 매설, 자동 염수 분사장치 설치, 결빙 방지 포장 등이 있지만, 문제는 모든 도로 구간에 적용하기에는 막대한 예산이 소요된다는 것이다. 도로 살얼음의 경우 기상 상황, 지형, 교통량, 시설물 형태 등 복합적인 요인에 의해 발생하기 때문에 발생 구간을 사전에 파악하여 조치하기도 쉽지 않다.

일반적으로 도로 살얼음은 서서히 생성되기 때문에 살얼음에 의한 교통사고가 발생하기 이전에 살얼음 발생 지점을 통과하는 다수의 차량이 경미한 미끄럼 현상을 경험하게 되는 경우가 많다. 따라서 선행 차량의 경미한 미끄럼 발생 정보를 후행 차량이나 도로 관리자에게 실시간으로 알려줄 수 있다면, 해당 구간에 제설제를 살포하여 살얼음을 제거하거나, 해당 지점 통과 시 속도를 낮추어 도로 살얼음으로 인한 위험을 감소시킬 수 있을 것이다.

이 글에서는 차량을 이용하여 도로 살얼음을 검지하여 이를 실시간으로 도로 관리자 등에게 전달해주는 기술을 소개하고자 한다.

| 도로 살얼음 위험성

도로 살얼음에 의한 가장 큰 사고는 2019년 12월 14일 새벽 4시 41분경 상주-영천 고속도로 상행선에서 일어났다. 이 구간에서 벌어진 사고로 6명이 숨졌다. 비슷한 시각 사고 지점에서 2km 떨어진 하행선에서도 20여 대가 연쇄 추돌해 1명이 숨졌다. 두 곳의 사고로 모두 7명이 숨지고 42명이 다쳤으며 트럭과 승용차 등 47대가 파손됐다.

도로교통공단이 밝힌 최근 5년간 도로노면 상태별 교통사고 현황자료에 따르면, 서리·결빙으로 인한 교통사고는 2014년 1,812건, 2015년 847건, 2016년 1,135건, 2017년 1,359건, 2018년 1,349건으로 집계됐다. 이로 인한 5년간 사망자는 198명, 부상자는 11,837명이었다.

이러한 도로 살얼음에 의한 도로상 재난은 비단 우리나라에만 국한된 것은 아니다. 2019년 12월 22일 오전 7시 50분쯤(현지시간) 미국 버지니아주 퀸스 크리크 브리지 부근 고속도로에서도 도로 살얼음으로 인해 69중 추돌사고가 발생했고, 이로 인해 50여 명이 부상을 당했다.

| 사업용 차량을 이용한 도로 살얼음 정보수집 기술

본 기술은 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫째, 미끄러운 노면에서 차량 바퀴가 움직이는 특성을 분석하는 방식과 둘째, 차량에 설치된 카메라(블랙박스 등) 영상을 분석하여 눈이 쌓인 노면과 그렇지 않은 노면을 분류하는 기술이다.

차량이 미끄러운 노면을 통과할 경우, 헛바퀴(가속 시)가 돌거나



(a) 상주-영천 고속도로

(b) 미국 버지니아

그림 1 도로 살얼음에 의한 교통사고



그림 2 기술 개념도

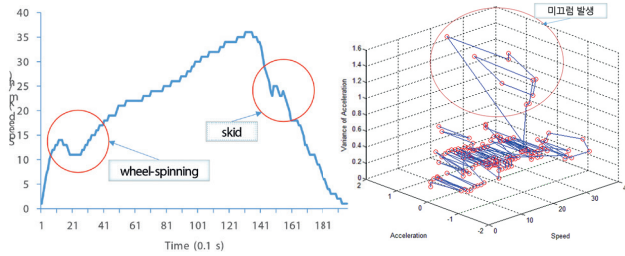


그림 3 차량 센서 기반 노면 미끄럼 감지기술

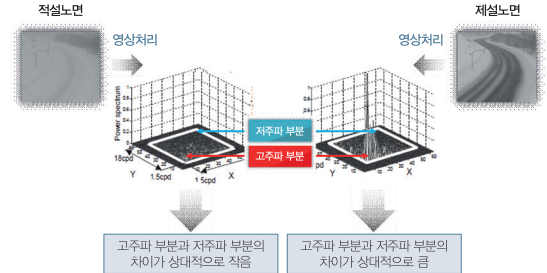


그림 4 영상 기반 적설노면 감지기술

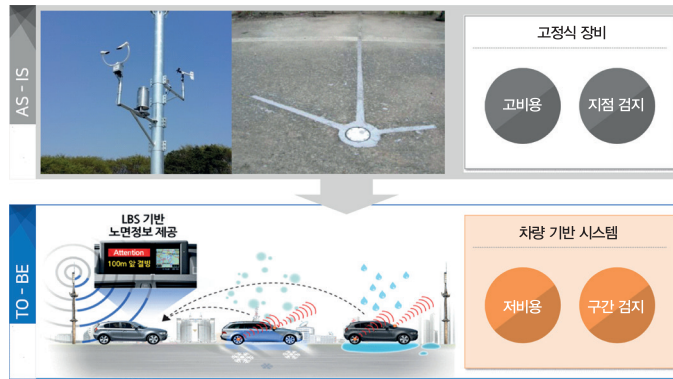


그림 5 기술 효용성

스키드(감속 시) 현상을 경험하게 된다. 이러한 현상은 차량의 휠 스피드 센서, 가속도(G) 센서, GPS 데이터 등을 인공지능 기술 기반으로 분석하면 쉽게 알아낼 수 있다. 개발된 인공지능(딥러닝) 모형은 10개의 은닉층으로 구성되었고, 각각의 은닉층은 10개의 노드를 가진다. 손실함수는 ReLu, 최적화는 Adam optimizer, 초기화는 Xavier initializer를 사용했다. 과적합 방지를 위한 Drop-out 비율은 0.7로 설정하였다.

눈이 내릴 때 제설자원의 효율적 활용을 위해서 제설이 완료된 도로와 눈이 쌓여 있는 도로 현황을 파악하는 것은 중요하다. 이는 차량에 설치된 카메라(블랙박스 등) 영상 분석을 통해 알아낼 수 있다. 영상 데이터 주파수 성분을 분석하면 눈이 쌓인 노면은 저주파 성분이 주를 이루고, 눈이 쌓여있지 않은 노면은 고주파와 저주파 성분이 다양하게 나타난다. 이러한 특성을 인공지능 알고리즘을 통해 분석하면 적설 노면과 제설 노면을 실시간으로 파악할 수 있다.

| 맺음말

미국 교통부 보고서에 따르면 운전자가 전방 위험 상황을 사전에 인지하게 되면, 교통사고를 최대 80%까지 줄일 수 있다고 한다. 상주-영천 고속도로 사고의 경우에도 새벽에 운행하는 차량들이

전방의 도로 살얼음 발생 현황을 제때 파악하지 못했기 때문에 발생했을 것으로 추측된다.

기존에는 도로 살얼음을 감지하기 위해 고가(2~3천만 원)의 도로 기상정보 수집장치(RWS)를 일부 지점에 설치하였다. 하지만 RWS는 한 지점에 설치하여 노면의 결빙을 측정하는 장비이기 때문에 500m 전·후 구간에서조차 전혀 다른 양상을 보이는 도로 살얼음 측정기술로 적용하기에는 예산부담이 너무 크다는 단점이 있다.

이 글에서 소개한 기술은 개발을 완료하여 상용화 과정에 있다. 2020년 1월 현재 상주-영천 고속도로 순찰차량 11대와 경기도 소재 관광버스 40대에 설치·운영되고 있으며, 2021년 3월까지 전국을 운행하는 트럭 약 100대에 추가로 설치하여 개발기술의 현장 활용성을 검증할 계획이다. 본 기술은 상시적으로 도로를 운행하는 노선버스·택시·도로 유지관리 차량에 적용 시 활용성이 높을 것으로 예상된다. **K**

참고자료

- 한국건설기술연구원(2021.3), 사업용 차량을 이용한 도로교통정보 수집 및 활용기술 개발, 최종보고서
- Jinhwan Jang(2020.7), Wheel Slip-based Road Surface Slipperiness Detection