

# 열화상 카메라와 드론을 이용한 블랙아이스 감지 및 사고 예방 시스템

박재한, 한승헌, 신수용

금오공과대학교

qkrwogks7094@kumoh.ac.kr, gjs9410@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

## Black Ice Detection and Accident Prevention System

### Using Thermal Imaging Camera and Drone

Jae Han Park, Seung Heon Han, Soo Young Shin

Kumoh National Institute of Technology

#### 요 약

매년 겨울 블랙아이스가 원인이 되는 사고가 빈번히 발생한다. 본 논문에서는 열화상 카메라 FLIR ONE Pro 와 드론을 사용하여 도로의 영상을 획득하고, 실시간 Segmentation 을 사용하여 영상에서 블랙아이스를 감지하는 시스템을 제안한다. 이를 통하여 블랙아이스로 인한 교통사고를 미리 방지하고자 한다.

#### I. 서 론

겨울철 블랙아이스로 인한 사고가 많이 일어난다[1]. 블랙아이스는 아스팔트 위에 얇은 빙판이 생성되는 것이며, 운전자는 일반 아스팔트와 색상이 비슷한 블랙 아이스를 육안으로 감지하기에 어려움이 있다. 따라서, 블랙아이스의 생성을 인지하지 못하고 도로에 진입시에 일반 도로보다 차량의 제동이 어려워져 교통사고 위험이 높아진다.

이를 해결하기 위해 제안된 기존의 블랙아이스 감지 시스템들은 일반적으로 블랙아이스가 자주 발생하는 구간에 고정된 형태로 센서를 설치하여 센서 데이터의 분석을 통해 결빙 상태를 판단하는 방식과 차량에 센서를 설치하여 블랙아이스를 감지하는 방식이 있다[1]. 하지만 고정된 측정 시스템의 특성상 새로운 지역에 생성되는 블랙아이스를 감지하는 것이 불가능하고, 블랙아이스가 자주 발생하는 지역에 모두 설치가 필요하기 때문에 비용적으로 부담이 크다. 또한, 차량에 센서가 부착되는 방식의 경우 넓은 도로 전체를 감지하기 힘들다는 문제점이 있다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 기존의 고정형 방식과 달리 드론에 열화상 카메라를 장착한 블랙아이스 감지 시스템을 제안한다. 이를 통해 제안하는 시스템을 사용하면, 새로운 지역이라 할지라도 드론이 이동하여 블랙아이스의 생성을 조기에 감지하고 경고할 수 있다. 또한 공중에서 블랙아이스를 감지하기 때문에 전체 노면을 모두 확인할 수 있다.

#### II. 제안 시스템 및 작동 알고리즘

본 논문에서 제안하는 시스템은 설정된 경로로 운행하는 드론 제어 시스템, 열화상 카메라를 사용하여 영상을 수집하는 시스템, 수집된 영상을 분석하여 블랙아이스가

생성된 노면과 일반 도로를 온도에 따라 분할하는 실시간 Segmentation 시스템[2]으로 나누어진다.

드론은 블랙아이스가 생성되기 쉬운 날씨에 운행되며, 사용자에게 의하여 설정된 경로를 운행한다. 또한 운행 중에는 설치된 열화상 카메라를 사용하여 도로 전체의 열화상 영상을 수집하여 사용자에게 전송한다. 이후, 사용자에게 전송된 열화상 영상은 실시간 Segmentation 시스템을 사용하여 블랙아이스가 생성된 부분과 일반 노면으로 판별되며, 일정 면적 이상의 블랙아이스가 생성되었다고 판단될 때 관리자에게 경고 메시지가 전송된다.

##### A. 드론 제어 시스템

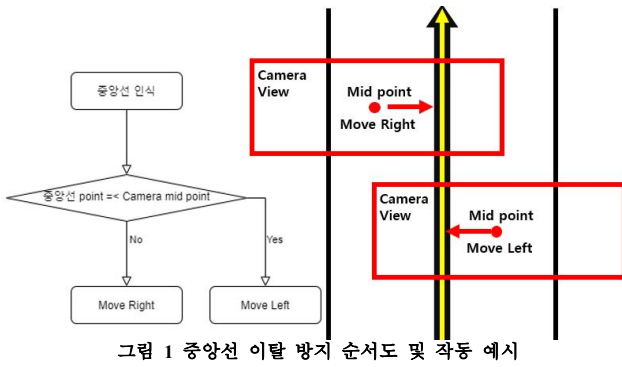
드론은 기본적으로 사용자가 설정한 경로를 운행하며, 도로의 중앙선을 감지하여 도로에서의 이탈을 방지한다. 도로의 중앙선 감지는 YOLOv2 를 사용한 객체 탐지 방식으로 이루어지며, 이탈 방지 알고리즘은 그림 1 과 같다. 카메라의 중앙점이 도로 중앙선의 좌측에 있다고 판단되면 드론은 우측으로 이동하며, 우측에 있다고 판단하면 드론은 좌측으로 이동한다.

##### B. 영상 수집 시스템

드론은 FLIR ONE Pro 열화상 카메라를 장착하고 운행한다. 또한 실시간으로 열화상 영상을 수집하게 되며 수집된 영상들은 통신 시스템을 사용하여 실시간으로 사용자에게 전달된다. 또한, 드론에 장착된 GPS 를 통하여 드론의 실시간 위치를 파악할 수 있다.

##### C. 영상 분석 및 실시간 Segmentation 시스템[2]

전송된 열화상 영상은 판별 시스템을 이용해 블랙아이스가 생성된 노면과 블랙아이스가 생성되지 않은 노면으로 분류한다. 실시간 Segmentation 시스템은 전경 객체



와 배경을 분리하고 노이즈를 제거하여 기존의 블랙아이스와 노면을 판별한다. 이후, 판별된 블랙아이스가 생성된 노면의 넓이가 일정 기준치 이상이라고 판단되면, 관리자에게 경고 메시지가 전송된다. 경고 메시지를 확인한 관리자는 경고 지역 주변을 운행중인 차량에 탑승한 운전자에게 직접적으로 경고를 하거나(재난문자), 주변에 전광판이 존재할 경우 경고 메시지를 띄우는 방식으로 전달한다.

### III. 실험

그림 2는 블랙아이스의 생성에 따른 노면 온도의 차를 보여준다.  $-8.8^{\circ}\text{C}$ 는 블랙아이스가 생성된 노면의 온도이고  $-11.2^{\circ}\text{C}$ 는 블랙아이스가 생성되지 않은 노면이다. 블랙아이스가 생성중인 지점은 열화상 카메라로 확인할 때 일반 노면보다 온도가 높음을 확인할 수 있다. 이렇게 블랙아이스가 생성될 때 온도가 더 높게 나타나는 이유는 물의 비열이 아스팔트보다 2배정도 높기 때문이고, 물의 결빙 시 발생하는 응고열 또한 이러한 차이를 만들어내는데 일조한다. 이러한 원리를 이용해 온도에 따라 색상의 차이가 나타나는 부분을 일반 지면과 블랙아이스로 분류한다. 그림 3은 segmentation 방식[3]을 이용한 결과 이미지로, 기존 BGR 이미지에서 블랙아이스 부분과 기존 도로를 구분할 수 있다.

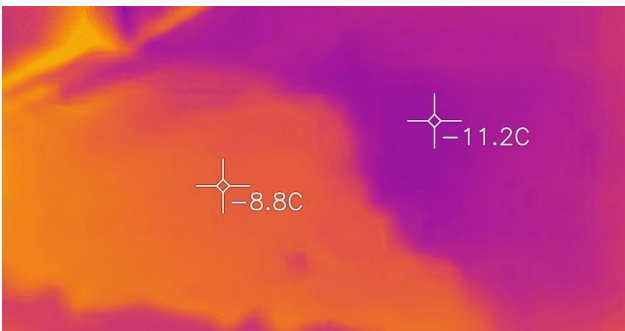


그림 2 블랙아이스의 생성에 따른 노면 온도 및 색상 차이

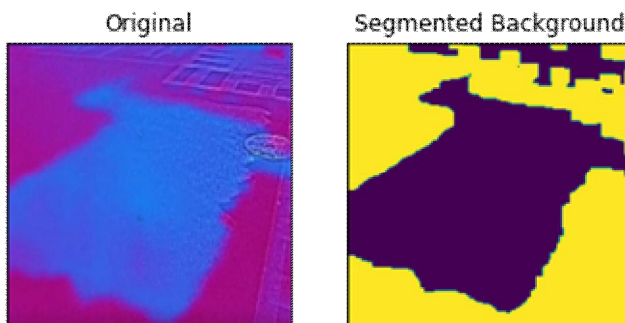


그림 3 BGR 영역의 Original 이미지와 segmentation 된 이미지[3]

이후 segmentation 된 블랙아이스생성 노면의 넓이를 확인하고, 일정 기준치 보다 넓다면 블랙아이스가 생성되었다고 판단한다.

### V. 결론

본 논문에서는 열화상 카메라와 드론을 이용한 블랙아이스 감지 및 사고방지 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 기존의 노면에 설치되는 방식의 블랙아이스 감지 시스템과는 다르게 블랙아이스가 자주 생성되는 장소 뿐만 아니라, 관리자가 드론의 운행 지역으로 설정한 모든 노면을 열화상 카메라로 확인하며 실시간으로 블랙아이스 생성 여부를 확인할 수 있고, 그 지역을 운행하는 차량에게 미리 경고를 하여 사고를 방지할 수 있다.

그러나 드론을 사용한 블랙아이스 생성 감지 방법은 블랙아이스가 생성된 이후 충분한 시간이 흐른 이후에는 열 평형 상태가 이루어짐에 따라 열화상 카메라로는 블랙아이스를 감지할 수 없다는 단점이 있다. 추후 연구에서는 이런 단점의 해결방안으로, 실제 적용을 위해서 초기 블랙아이스 생성시 빠른 판별이 필요하기 때문에 많은 드론을 동시에 운용하여 넓은 지역을 빠르게 탐색하고 블랙아이스들을 감지하여 사용자에게 경고하는 방향의 연구가 필요하다.

또한 블랙아이스를 판별하는 과정에서 머신 러닝을 사용한 접근법으로[4] 정확도를 높이는 연구가 가능하다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C1089542).

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2020-2020-0-01612)

### 참 고 문 헌

- [1] 김진영, 이해진, 백주련. (2020). 센서를 활용한 블랙아이스 탐색 기법 고찰. 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집, 28(1), 79-81.
- [2] Yu, Changqian, et al. "Bisenet: Bilateral segmentation network for real-time semantic segmentation." Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). 2018.
- [3] <https://github.com/Blaizzy/BiSeNet-Implementation.git>
- [4] Rahim, Tariq, Muhammad Arslan Usman, and Soo Young Shin. "A Survey on Contemporary Computer-Aided Tumor, Polyp, and Ulcer Detection Methods in Wireless Capsule Endoscopy Imaging." arXiv preprint arXiv:1910.00265 (2019).