

컴퓨터 비전을 사용한 송전선 늘어짐 감지 시스템

박은수, 노현준, 류은석
가천대학교,

dmseh804@gc.gachon.ac.kr, ggyo@gc.gachon.ac.kr, esryu@gachon.ac.kr

The Power Line Deflection Detect System using Computer Vision

EunSoo Park, Hyun-Joon Roh, Eun-Seok Ryu
Gachon University

요 약

2016 한국 전력 통계에 따르면 약 900 만개의 지지물과 130 만 킬로미터의 전력 분배용 전력선이 있으며 많은 인적 자원과 엄청난 양의 송전선에 대한 유지보수가 필요하다. 현재 전선 늘어짐에 대한 고장진단 기법 중 하나로 이동 중인 자동차에 부착된 비전 시스템을 이용한 방법이 있다. 이 방법에서 사용된 송전선 탐지 방법을 보완하여 송전선을 이미지상에서 추출한다. 본 논문에서는 인공지능을 사용하여 지지물 을 탐지하고, 지지물 사이의 거리가 멀다는 점을 극복하기 위하여 공통 특징점들이 있는 이미지들을 하나의 이미지로 붙이는 파노라마 기술을 사용하여 지지물 사이의 거리를 극복하며, 제안하는 방법으로 송전선을 탐지하고 늘어짐을 판단하는 시스템을 제안한다.

1. 서론

한국전력공사가 2016 년에 발표한 한국전력통계에 따르면 한국 배전 설비 기준 약 900 만개의 지지물(supporter) 및 약 130 만 m 의 전선이 존재하므로 유지보수에 많은 인력과 시간이 소요된다[1]. 그러나 유지보수를 게을리 하거나 송전선로에 과부하가 발생하여 장력이 약해지며 늘어진다면, 통행 차량 또는 통행인에게 위협을 가할 뿐만 아니라 전기 전송 효율도 크게 떨어트린다. 따라서 고압 전선들의 유지보수는 필수적인데, 이렇게 막대한 양의 설비를 모두 사람이 정기적으로 직접 눈으로 확인하는 것은 사실상 불가능하므로, 모니터링 시스템을 도입하여 점검한다.

본 논문에서는 이동하는 차량 및 드론 등에 설치된 비전시스템을 이용하여 영상을 촬영하고 전선의 늘어짐을 감지하는 방법을 제안한다. 일반적으로 지지물 사이의 거리는 상당히 멀기 때문에, 파노라마 기술을 활용하여 파노라마 이미지를 생성한 후 해당 이미지를 전선 감지에 활용한다.

파노라마 기술을 사용하기 위해서는 이미지의 시작 프레임을 정해야 한다. 이는 객체 인식 프로그램인 darknet 의 YOLO(You Only Look Once) V2 for Windows 프로그램(이하 Yolo)을 사용한다[2]. 처음 감지하는 지지물을 기준으로 파노라마를 시작하고 다음 지지물이 감지되면 종료한다. 이 과정에 대한 산출물로 한 장의 파노라마 이미지가 산출된다. 그 후 자체 제작한 곡선 감지 방법을 사용하여 전선을 추출한 후 늘어짐을 판단한다.

본 논문은 2 장에서 파노라마 관련 정보들을 기술하고, 3 장에서 송전선을 탐지하기위한 라인 탐색 관련 연구들에 대한 정보들을 기술하고, 4 장에서 시스템 설계 및 구현을 하며 마지막 5 장에서 결론으로 논문을 마친다.

2. 파노라마

Image mosaicking 또는 Multi-view image stitching 이라고도 불리는 파노라마 기법은 사용자 주변의 다양한 방향에 대하여 영상을 촬영한다. 그 후 주위의 모든 방향을 한 시점에서 바라볼 수 있도록 하기 위해 단일 영상들을 결합하여 합성한 영상을 의미한다. 이 기술은 하나의 카메라 영상에서 얻을 수 있는 영상의 한계, 예를 들어 화각, 화질, 정보량 등의 한계를 극복할 수 있는 좋은 방법이다. 그렇기 때문에 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스, 로보틱스 등과 같은 여러 분야에서 널리 연구되고 있다[3,4].

3. Line Detection

최근 자율 운전 기술과 컴퓨터 비전의 발달로 Line Detection 에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[5,6]. Canny edge 검출 알고리즘과 허프 변환 알고리즘을 통하여 Figure 3 과 같이 직선 및 곡선 차선 검출이 가능하다[7,8]. 그러나 해당 논문들은 배경이 간단하거나, 단순히 배경선을 추출해내는 방법들이다. 배경이 복잡한 상태에서의 선 추출 방법에 대한 연구들은 정확도를 위하여 LiDAR 와 같은 추가 장비가 필요하다[9].

본 논문에서는 송전선을 검출해야 하기 때문에 참고문헌[10]을 참고하였다. 참고문헌[10]는 라인 템플릿을 사용하였다. 해당 연구는 고압 송전선은 일반적으로 검정색이라는 가정하에 진행된 연구로, 송전선을 추출할 이미지의 송전선에 마우스 클릭을 수행하면 클릭지점에서 여러 각도로 라인 템플릿이 구현된다. 해당 템플릿(직선)의 위치를 지나는 영상의 Intensity 의 평균값을 스코어로 하며 가장 낮은 스코어의 템플릿을 송전선으로 채택한다. 그러나 이 방법은 직선만 가능하다는 단점이 존재한다.

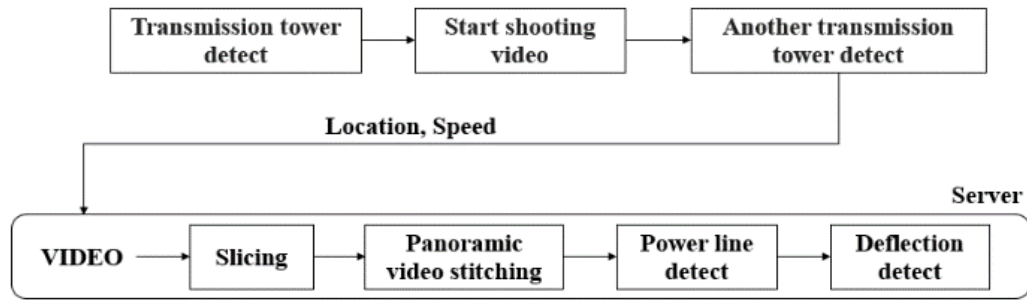


그림 1. 제안하는 시스템 흐름

4. 시스템 설계 및 구현

본 논문에서 제안하는 송전선 늘어짐 감지 시스템은 그림 1 와 같다. 이동하는 차량 및 드론에 부착된 비전시스템으로 처음 지지물을 YOLO 를 사용하여 감지하면 영상 촬영을 시작 하고 두번째 지지물 이 탐지되면 영상 촬영 종료 및 새로운 영상 촬영 시작을 한다. 저장된 영상은 지역과 슬라이스하는 프레임 단위를 유동적으로 조절하기 위하여 비전 시스템에서 취득할 수 있는 로케이션과 속도 데이터와 함께 서버로 전송 된다. 슬라이스하는 프레임을 유동적으로 조절하는 이유는 파노라마를 하려면 두 장의 이미지 간의 공통 특징점이 존재 하여야 한다. 공통 특징점은 SIFT 나 SURF 같은 특징점 추출 알고리즘을 통하여 얻을 수 있다. 파노라마 과정을 거친 파노라마 이미지는 이후 과정인 송전선 추출을 수행하게 된다. 송전선 추출은 송전선이 일반적으로 검정색이라는 점을 이용하며, 아래와 같은 순서로 진행된다.

먼저 탐색을 위해, 마우스로 이미지에서 전선의 한 지점을 클릭한다. 이는 전선 탐색의 시작점을 설정하는 것이며, 이를 통해 검은 물체를 전선으로 오인하는 위험성을 방지한다. 다음은 이 시작점으로부터 상하좌우 k 픽, 중심 포함 $2k+1$ 크기의 일정 구간을 추출한다. 이를 이차원 배열로 표현하면, $AREA[2k+1][2k+1]$ 와 같이 표현 가능하다. 좌측 상단 끝 점을 $AREA[0][0]$, 우측 하단 끝점을 $AREA[2k][2k]$ 라 하면 중심점은 $AREA[k][k]$ 가 된다. 우리가 구상한 기법은, 전선의 좌측 탐색의 경우, 중심점 $AREA[k][k]$ 에서 첫 열인 $AREA[0][0] - AREA[2k][0]$ 의 각 점에 검정색 직선을 그은 후 원본과의 차분 값이 가장 적은 직선을 전선이 존재하는 부분으로 간주하는 것이다. 여기서 전선구역으로 탐색된 끝점($AREA[0][0] - AREA[2k][0]$ 중 결정된 한 개의 점)은 새로운 $AREA[2k+1][2k+1]$ 의 중심점이 되며, 탐색을 다시 시작한다. 우측 탐색 역시 첫 AREA의 마지막 열에 같은 방식을 적용한다. 이러한 과정을 반복하다 보면, 그림 2의 (a)와 같이 탐색이 완료되게 된다. 그림 2의 (a) 과정에서 탐색이 완료된 곡선은 양쪽 끝점을 탐지한 후 색차에 의한 이미지 처리를 위하여 0으로 마스크 한 이미지로 옮겨진다.

차량이나 드론은 오르막길, 내리막길을 갈 수 있고, 지지물 이 산악지형에 존재할 수 있다. 그렇기 때문에 양 끝점의 평행을 맞추지 않으면 정확한 측정을 할 수 없다. 끝 점 중 y 값이 큰 점을 선택하고 그 점을 기준으로 그림 2의 (c)와 같이 x 축을 긋는다. 곡선의 양 끝 점과 x 축의 각도는 아크 탄젠트와 밑변, 높이를 이용하여 수식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{height}{base} \right) * \frac{180}{\pi} \quad (2)$$

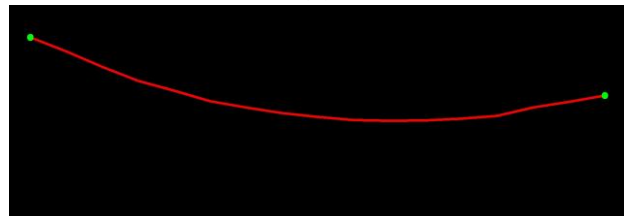
수식 (2)에서 θ 는 구하려고 하는 각도, \tan^{-1} 는 탄젠트의

역수 즉, 아크탄젠트이다. $height$ 와 $base$ 는 그림 2의 (c)에서 삼각형의 높이와 밑변이다.

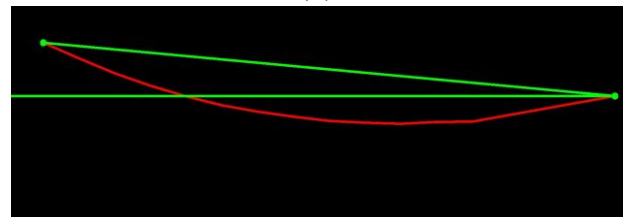
수식 (2)에서 구해진 각도 θ 를 사용하여, 이미지 로테이션을 그림 2의 (d)와 같이 진행하고 탐지한 곡선의 색 중에서 가장 y 값이 높은 픽셀을 찾아낸다. 즉, 곡선의 최하단점을 찾아낸다. 마지막으로 곡선의 최하단점과 양 끝점을 사용하여 각도를 재며 늘어짐을 판단한다.



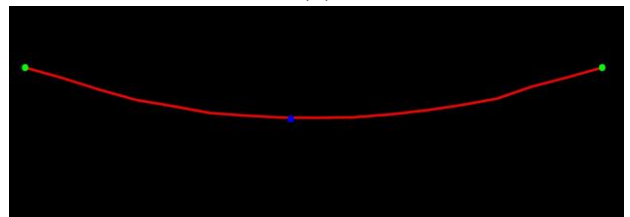
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2. 제안하는 시스템에 의한 실험 결과

5. 결론

본 논문에서 제안하는 송전선 늘어짐 감지 시스템은 컴퓨터 비전을 적극 활용하였다. 지지물 사이의 하나의 카메라로 표현할 수 없는 이미지를 파노라마 기술을 사용하여 표현하고, 제안하는 방법을 통하여 송전선과 같은 곡선을 추출 및

늘어짐 판단을 하였다. 이와 같은 시스템을 통하여 무수히 많은 송전선들의 유지보수에 소요되는 인력, 비용 낭비를 최대한 줄일 수 있을 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 한국전력공사의 2016 년 선정 기초연구개발과제 연구비에 의해 지원되었음 (과제번호: R17XA05-68)

참고문헌

- [1] 한국전력공사, “제 86 호 (2016 년) 한국전력통계”, 100-101, 2017
- [2] Redmon, J.; Divvala, S.; Girshick, R.; Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2016, 779-788.
- [3] Kim, D.; Choi, J. View Interpolation Algorithm, for Continuously Changing Viewpoints in the Multi-panorama Based Navigation. *IEIE Journal (SP)* 2003, 40, 141-148.
- [4] Kim, S.; Kim, K.; Woo, W. Multiple Camera Calibration for Panoramic 3D Virtual Environment. *IEIE Journal (CI)* 2004, 41, 137-148.
- [5] Park, C. H. Choi, K.; Lee, I. Lane Extraction through UAV Mapping and Its Accuracy Assessment. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 2016, 34, 11-19.
- [6] Lee, J. S.; Kim, H. S.; Park, J. B. Multi-lane Detection and Driving Lane Information Extraction Algorithm Using Inverse Perspective Mapping. *The Korean Institute of Electrical Engineers (KIEE)* 2016, 257-258.
- [7] Park S.H.; Kim, Y.G. A Study of Detecting Curved Lane by Hough Transform for Autonomous Driving. *Korean Institute of Information Scientists and Engineers* 2017, 2104-2106.
- [8] Choi, J.M.; Kim, C. Interval Hough Transform for Prominent Line Detection. *Journal of Korea Multimedia Society* 2013, 16, 1288-1296.
- [9] Jeon, W. G.; Choi, B. G. A Study on the Automatic Detection of Railroad Power Lines Using LiDAR Data and RANSAC Algorithm. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 2013, 31, 331-339.
- [10] Cho, E.S; Kim, K. The power line tracking system using image processing algorithm. *Institute of Control, Robotics and Systems* 2011, 739-744