
열영상 기반의 전력선검출

김동욱*

Power Line Extraction based on thermal Image

Dong-wook Kim*

요 약

본 논문에서는 열영상 기반의 전력선 검출기법이 제안되었다. 전력선 검출 기법은 무인 항공기의 자율 운행을 위해 필요한 기술이다. 하프변환된 데이터를 바탕으로 각도별 분할 기법을 개발하였으며, 이를 바탕으로 그룹핑을 행하고, 마지막으로 전력선을 검출하는 기법을 개발하였다. 제시된 알고리즘에 대한 실험결과에서 다양한 직선성분이 존재하는 영상에서 전력선을 효과적으로 검출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, an efficient extraction technique of power lines is proposed. Power line extraction technique is used to operate unmanned autonomous vehicles. To achieve the extraction of power lines, an angle space segmentation and grouping method of Hough transform are developed. In simulation results for the proposed algorithm, our algorithm shows a good detection results in experiments for several aerial images which contain different line components .

키워드

Thermal Image, Power Line, Angle Space Segmentation, Hough Transform

1. 서 론

무인헬기를 이용하여 전력선 검사 및 감시를 자동으로 달성하기 위해서는 UAV가 스스로 전력선을 따라 정확하게 자동비행이 가능해야 하며, 이를 위하여 영상정보를 바탕으로 무인헬기 스스로 전력선을 인식하도록 하는 것이 필수적이다.

본 논문은 진보된 디지털 영상 취득 및 처리기술과 무인헬기를 이용하여 국가 기간시설인 고압 전력선을 자동으로 인식하고, 비행 중 취득된 영상을 바탕으로 전력선 및 애자의 상태를 주기적으로 자동으로 검사하고 감시하는데 필요한 기반기술로서 전력선 검출에 관한 연구이다.

기존에 전력선 검출을 위한 방법에는 여러 가지 방법이 사용 되었다. 한 가지 방법으로는 전력선이 가지고 있는 형태학적 특성을 이용한 방법이 있다 [1]. 전력선은 둥근 금속 재질로 햇빛에 강하게 반사되는 특성을 가지고 있다. 그러나 이 방법은 햇빛이 일정치 않은 구름이 있는 지형이나 외부적 요인에 의해 빛이 굴절되어 일정한 빛을 검출하기 힘든 단점이 있다. 따라서 전력선 항공 이미지에서 전력선은 낮은 해상도의 영상이기 때문에 전력선만을 찾기란 쉽지 않다.

또 다른 방법으로는 전력선의 평행한 특징을 이용한 방법이 사용되었다 [2]. 전력선의 평행한 특징을 이용해서 전력선을 배경 영상에서 분리한 후 기존 데이터에 입력 된 데이터와 비교하여 끊어진 전력선을

* 전주대학교 전기전자정보통신공학부(dwkim@jj.ac.kr)

접수일자 : 2010. 03. 19

심사(수정)일자 : 2010. 05. 04

게재확정일자 : 2010. 06. 14

보완하는 방법을 사용한다. 하지만 이 방법은 전력선이 헬기에서 지상으로 수직으로 촬영한 영상에서만 해당되며, 전력선을 따라 진행할 경우 가까운 곳은 전력선의 간격이 넓고 먼 곳은 간격이 줄어들어 결과적으로 사다리꼴의 형태로 나타나기 때문에 이와 같은 가정은 문제점을 내포하고 있다. 또한, 송전용의 전력선은 두 가닥이 아닌 여러 갈래로 나뉘어져 있기 때문에 배경영상을 제거하는 경우 전력선도 함께 제거는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본질적인 전력선의 추출 기법에 대한 접근이 필요하다.

항공 이미지에 나타나는 전력선의 특징을 살펴보면 전력선은 직선과 유사한 선분으로 이루어져 있다. 따라서 직선을 추출하는 알고리즘을 적용하면 전력선이 가능하다. 그 중 한 가지 방법은 시각적 인지에 의한 직선 검출 방법이다. 이 방법은 라플라시안 연산자를 통해 추출된 경계선 영상에서 경계화소를 이용하여 직선을 검출한다. 하지만 이 방법은 전력선 검출 방법으로 적절하지 못하다. 항공 이미지에서의 직선은 전력선뿐만 아니라 도로나 건물 등의 다양한 직선이 존재하기 때문에 전력선만을 효과적으로 찾아낼 수 없다.

직선을 검출하기 위해 사용되는 방법으로서 Hough 변환을 들 수 있다. Hough 변환은 영상에서 특징점(feature point)들로 이루어진 직선, 원, 타원 등의 인자화 된 곡선을 발견하기에 유용한 변환 방법으로 영상처리 방법에 널리 사용되고 있다.

특히, Duda와 Hart 의 직선 방정식 [3][4]을 사용하여 직선과 원점간의 거리인 ρ 와 x 축과 직선 사이의 각도인 θ 로 인자화 된 직선상에 존재하는 특징점들의 빈도를 검출하는 변환 방법은 직선의 검출을 필요로 하는 여러 분야에서 효과적으로 사용되었다. 극 좌표계를 이용한 Hough 변환은 다음 그림 1과 같다.

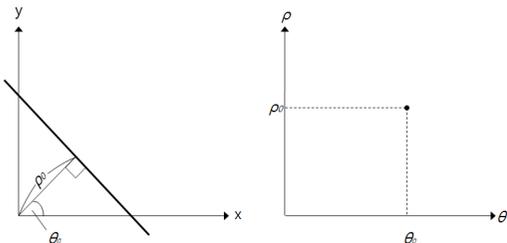


그림 1. Hough 변환
Fig. 1 Hough Transform

본 논문에서는 기존의 문제점들을 개선하기 위하여 각도 요소별 직선 성분을 구하고, 얻어진 각 성분들에 대해 그룹핑 기법을 적용하여 전력선을 검출하는 알고리즘을 제안한다. 특히, 전력선이 갖는 고유의 특성들을 이용하여 효과적으로 전력선을 검출하는 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 전력선 검출알고리즘에 대해 기술하며, 3장에서는 제안된 알고리즘에 대한 모의실험 및 결과를 제시하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 전력선 검출 알고리즘

전력선 영상은 몇 가지 뚜렷한 특징점들을 갖는다. 특히, 전력선은 두 개의 전력선 그룹이 평행하게 진행되며, 이점은 여러 가지 특징점들 중에서도 가장 중요한 특징점이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 특성을 이용하여 전력선을 효과적으로 검출하는 방법을 개발하였다. 그림 2는 제안된 전력선 검출 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다.

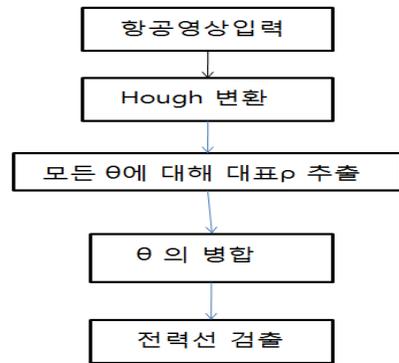


그림 2. 제안된 전력선검출알고리즘
Fig. 2 Proposed power line extraction algorithm

2.1 θ 별 대표 ρ 추출

본 단계에서는 Hough 변환으로 얻어지는 데이터에 대해 각 θ 에 대해 대표성을 추출하는 단계이다. 일반적으로 직선 성분을 포함하는 영상에 대해 Hough 변환을 하면,

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \tag{4}$$

와 같이 변환된다. 본 연구에서는 먼저, 0 - 360도 공간 중 0-180와 181-360도는 동일한 방향을 의미하므로 0-180도 한정한다. 이 때, 각도 성분을 일정한 구간으로 양자화하고, 각각의 각도 레벨에 대해 존재하는 직선 성분을 구한다. 임의의 θ 에 대해 직선성분이 영상에 따라 다수 개가 군집형태로 몇군데 존재할 수 있고 또는 전혀 없을 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 직선 그룹의 존재를 확인하고 각 그룹에 대해 대표 직선 성분을 결정하기로 한다.

2.2 θ 그룹핑

본 단계에서는 1° 단위로 구분된 각도 성분에 대해서 인접한 각도끼리 병합하는 과정이다. 이는 전력선 영상에서 나타나는 전력선이 미세한 차이로 휘어져 있는 경우 등을 병합을 통해 하나의 그룹으로 만드는 과정이다.

2.3 전력선 검출

본 단계에서는 병합된 그룹에 대해 전력선이 존재하는지 여부를 검사하고, 최종적으로 전력선을 검출하는 단계이다. 여기에 사용되는 조건으로는 다음 몇가지를 고려할 수 있다.

첫째, 동일한 그룹 속에 2개 이상의 직선 그룹이 존재하는지 여부

둘째, 2개 이상의 직선 성분이 존재하는 경우 직선 성분 간의 거리

셋째, 직선의 시작점과 끝점

위의 고려요소를 바탕으로 전력선을 검출한다. 먼저, 첫 번째 요소로서 동일 각도 그룹속에 2개 이상의 직선 그룹이 존재하지 않을 경우 대상에서 제외된다. 또한, 2개의 직선 그룹외에 또다른 직선 그룹이 존재할 경우 2개의 직선 그룹을 선택하는데, 이 경우 다음 단계인 둘째 및 셋째 조건을 적용한다. 즉, 직선 그룹 간의 간격 즉, 거리가 너무 가깝거나, 먼 경우 대상에서 제외된다. 다음으로, 직선의 시작점과 끝점이 영상 전체의 바깥부분과 맞닿아 있지 않고 영상내의 중간에서 일부 형성되어 있을 경우 제외된다. 이러한 3단계 절차를 통해 최종적으로 전력선을 검출하게 된다.

III. 모의실험

제안된 알고리즘에 대한 실험이다. 먼저, 그림 3은 실험에 사용된 영상을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 항공영상의 배경에는 직선을 구성하는 다양한 요소들이 산재해있다.

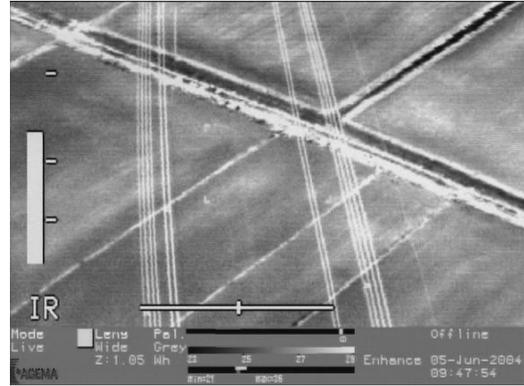


그림 3. 실험 영상
Fig. 3 Experimental image

그림 4는 입력영상에 대해서 σ - θ 공간으로의 하프 변환을 한 결과를 나타낸 것이다. 다양한 곳에서 로컬 최대값들이 존재함을 알 수 있다.

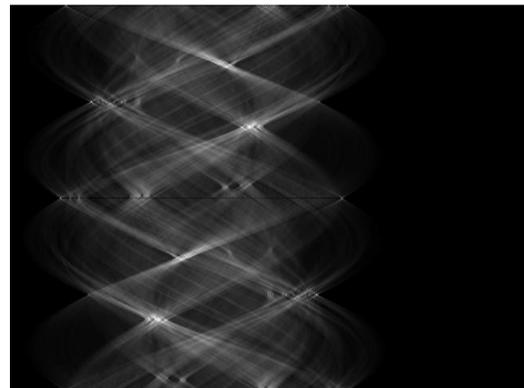


그림 4. Hough 변환 영역
Fig. 4 Hough transform space

그림 5는 이를 대상으로 각각의 각도에 대해 대표 σ 값들을 추출한 결과(거리와 각도맵)이다. 이와 같이 특정한 각도에 대해 요소수는 하나도 없을 경우에서부터 여러 개가 존재하는 경우까지 다양하게 존재한다.

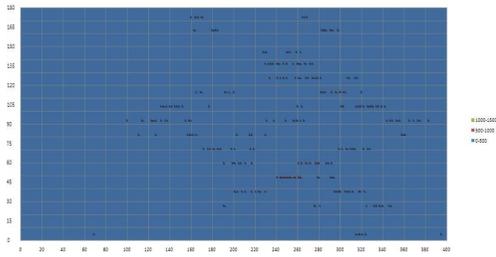
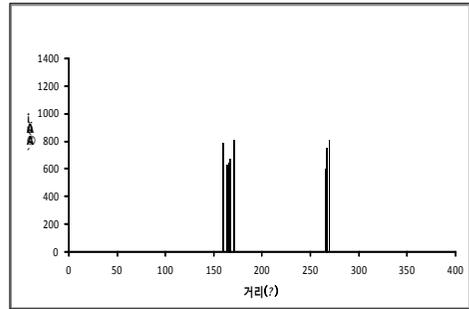
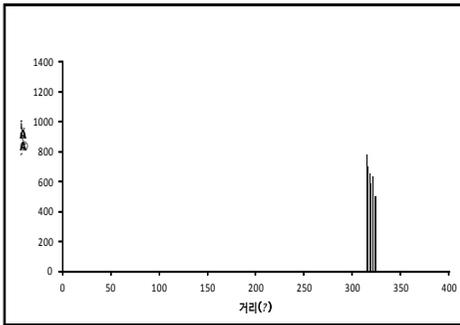


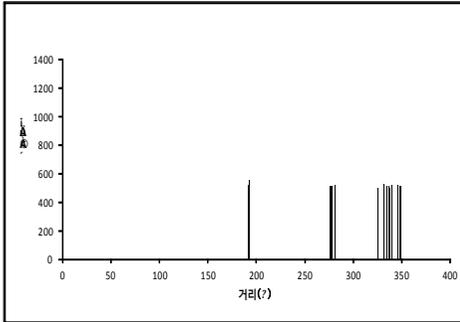
그림 5. 각도와 거리맵
Fig. 5 Angle and distance map



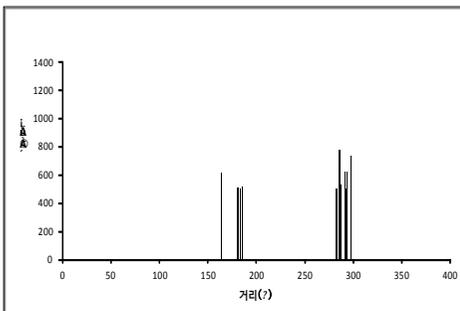
(d) 173도
그림 6. 각도별 직선성분(5, 27, 163, 173도)
Fig. 6 Line components for angles(5, 27, 163, 173 degree)



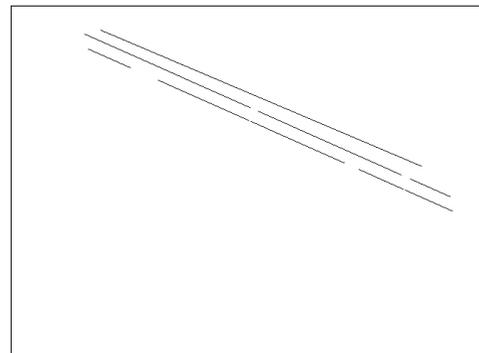
(a) 5도



(b) 27도



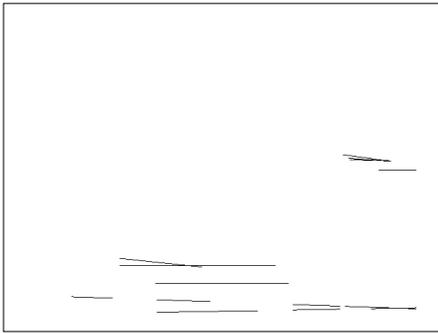
(c) 163도



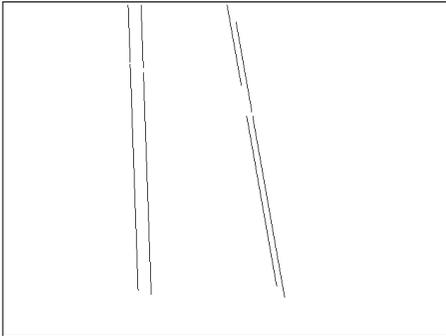
(a) 60도

그림 6은 특정한 각도를 갖는 직선 성분의 거리값 (σ)을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 특정한 각도를 갖는 직선은 원점으로부터 거리인 σ 의 값에 따라 다양한 직선들이 존재함을 확인할 수 있다. 특히, 다음 단계인 전력선 추출 결과에서 확인할 수 있듯이 5도, 163도, 173도의 성분들이 최종 전력선 성분으로 검출됨을 확인할 수 있다. 이러한 각 직선 성분들을 바탕으로 θ 의 병합과정이 진행된다. 이는 인접한 각도 성분이 동일한 직선성분을 구성하거나, 같은 직선그룹으로 묶기 위한 과정이다. 특히 이 과정에서 일차원 분할 기법이 좀 더 정밀하게 적용될 필요가 있다.

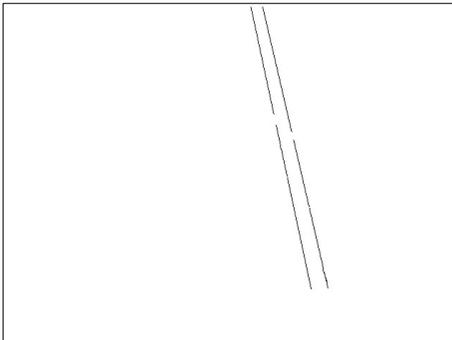
다음으로 그림 7은 지금까지 얻어진 결과를 바탕으로 각 그룹별 직선 성분을 추출하여 나타낸 것이다. 특히 전력선을 구성하는 부분을 육안으로 확인해보면, 대략적으로 3개의 그룹속에 분산되어 분포되어 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 이러한 값들로부터 전력선을 정확하게 추출할 필요가 있다.



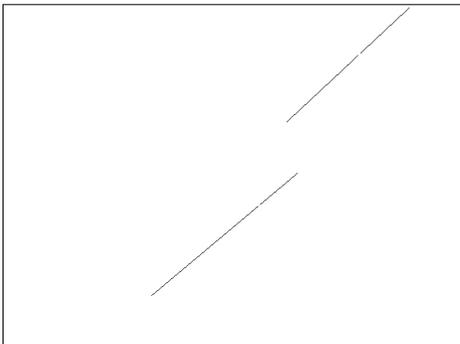
(b) 90 도



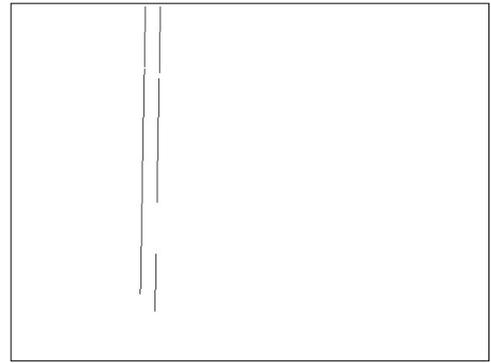
(c) 5 도



(d) 7도



(e) 135 도



(f) 173 도

그림 7. 각도별 직선 성분(a-f)

Fig. 7 Lines for different angles

그림 7은 대표적인 직선성분을 나타낸 것이며, 지면관계상 이외에도 본 그림에서는 제시되지 않은 성분들이 있음을 알린다. 전력선을 구성하기 위한 조건인 동일한 그룹 속에 2개 이상의 직선 그룹이 존재하는지 여부, 2개 이상의 직선 성분이 존재하는 경우 직선 성분 간의 거리, 직선의 시작점과 끝점이 임계치 이상인지 여부 등을 적용하면, 그림 7의 c, d, f가 전력선 그룹을 형성한다. 예를 들어, 동일 그룹속 2개의 직선그룹 존재여부는 a, b., e는 만족하지 않으며, d, f의 경우 각각은 만족하지 않으나, d, f를 병합할 경우 이를 만족한다.

그림 8은 최종적으로 검출된 전력선 성분들을 나타낸 것이다.

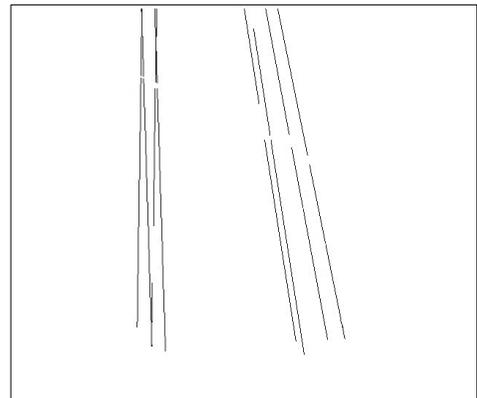


그림 8. 검출된 전력선

Fig. 8 Extracted power line

그림 8에서 알 수 있듯이 전력선 검출이 성공적으로 이루어졌음을 알 수 있다. 특히, 2그룹의 전력선이 각각 각도가 다름을 알 수 있고, 본 알고리즘은 이와 같이 2개의 그룹간 각도가 다를 경우 효과적으로 전력선을 추출할 수 있음을 알 수 있다. 이 결과를 토대로 전력선이 존재하는 방향을 정확하게 판단할 수 있으며, 이러한 결과는 무인헬기가 전력선을 따라 자율운행을 하고자 할 때, 적절한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 각도 성분별 병합기법 및 전력선의 공간적 배치 특성을 이용하여 Hough 변환된 공간에서 병합과 그룹핑 기법을 제시하고, 전력선이 갖는 공간적 특성을 이용한 검출 기법이 제시되었다.

참고 문헌

- [1] "Fault detection of power line", Monthly of Electrical Technology & Information, vol. 11, 2009
- [2] Guangjian Yan, Chaoyang Li, Guoqing Zhou, Wuming Zhang, and Xiaowen Li, "Automatic Extraction of Power Lines From Aerial Images" IEEE Geoscience and remote sensing letters, vol. 4, no. 3, July 2007
- [3] R O duda and P Hart, "Use of Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures : Graphics and Image Processing", Comm. ACM, vol. 15, pp. 11-15, 1972
- [4] T. S. Chan and R. Yip, "Line detection algorithm," in Proc. Int. Conf. Pattern Recog., Vienna, Austria, Aug. 25-29, pp. 126-130, 1996

저자 소개



김동욱(Dong-wook Kim)

1987년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업

1992년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 8월 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)

1998년 3월 - 현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부 교수

※ 관심분야 : 영상신호처리, 영상인식