

2단계 허프 원 변환에 기반한 달 분류

시중욱^o, 김성영
금오공과대학교 컴퓨터공학과
{jwsi425, sykim}@kumoh.ac.kr

요약

지구에서 보이는 달의 모양은 초승달, 상현달, 보름달, 하현달, 그믐달로 구분할 수 있으며 이는 달의 공전에 따른 현상이다. 이러한 달의 모양은 충분히 특징이 있다. 따라서 영상처리 기반의 기술을 이용해 분류할 수 있다. 본 논문에서는 허프 원 변환을 2단계로 나누어 달의 영역을 검출하고 면적에 대한 비율을 이용해 분류하는 방법을 보인다. 실험 결과로 허프 원 변환을 2번 사용했을 때, 그리고 영역을 찾기 위한 전처리 과정에서 적응형 임계화 보다 캐니가 더 높은 성능을 보임을 증명한다.

1. 서론

지구의 위성인 달은 자신의 축을 따라 자전함과 동시에 지구의 둘레를 공전한다. 달의 공전주기는 약 27.3일이며 이에 따라 음력 날짜를 계산할 수 있다. 그림 1과 같이 달의 상대 위치에 따라 지구에서는 크게 6가지 모양으로 보이게 된다[1]. 먼저 삭은 지구-달-태양이 일직선 상에 놓여있어 달의 모습이 보이지 않는다. 초승달과 그믐달은 달의 오른쪽 및 왼쪽의 호가 살짝 보이는 모습이며 상현달과 하현달은 절반 정도 보이는 반달 모양이다. 보름달은 달-지구-태양이 일직선 상에 위치하고 달의 전면부가 모두 보이게 된다. 이러한 달에 대한 연구는 진행중에 있다[2-3].



그림 1. 달의 위치에 따른 모양 변화

영상처리 기술을 이용해 삭을 제외한 5가지로 분류하는 방법을 제안한다. 원을 검출하기 위한 허프 원 변환 기술을 2번 적용하여 높은 분류 성능을 보인다.

2. 허프 원 변환에 기반한 달 분류

본 논문에서는 기존 영상 분할에 대한 연구[4-5]와는 차별적인 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 달 영역 검출과 달 분류로 나눌 수 있다. 달 영역은 전처리 과정을 거친 후 허프 원 변환을 이용해 검출하고 달 분류는 면적에 대한 비율을 이용해 분류한다.

2.1 달 영역 검출

달의 영역을 원으로 검출하기 위해서는 달 모양이 왜곡되지 않아야 하고 영상 크기에 관계 없이 검출할 수 있어야 한다. 따라서 가로 길이를 w_1 로 고정하고 세로의 길이는 원본과 가로 길이의 비율에 따라 설정하고 그레이스케일 영상으로 변환한다. 이어서 캐니를 이용해 영상에서 에지만을 남기고 제거한 후 모폴로지 연산(확장 6회, 침식 6회)을 이용해 달의 영역 후보군을 남긴다.

본 논문에서는 허프 원 변환을 2단계로 사용하는 방법을 보인다. 허프 원 변환은 원 영역을 찾는 알고리즘이기 때문에 보름달일 경우 가장 정확하다. 하지만 초승달, 상현달 등과 같은 원의 일부를 이용해 달의 전체 영역을 검출해야 한다. 따라서 허프 원 변환의 임계값을 낮춘 뒤 올바른 원 영역을 탐색한다. 초승달이나 하현달의 경우 찾아야 하는 원은 외부원이지만 임계값이 낮기 때문에 내부 원이 검출되는 현상이 종종 나타난다. 내부 원의 경우 외부 원보다 크기가 크기 때문에 후보군에서

제외해야만 한다. 따라서 첫 번째 단계에서 반지름보다 조금 더 큰 영역을 크롭 후 다시 탐색하여 내부 원을 후보군에서 제외하고 고정된 크기로 크롭하여 모든 달에 대한 원을 동일한 파라미터로 탐색할 수 있게 한다.

첫 번째 단계에서는 허프 원 변환으로 후보군을 검출 후 가장 큰 원만을 남긴 채 제거한다. 임계값을 낮추었기 때문에 그림 1과 같이 많은 원이 검출되며 가장 큰 원을 선택해야 함을 알 수 있다. 검출된 영역의 반지름 r 의 1.5배만큼 큰 영역을 크롭하여 다시 (w_1, w_1) 크기의 영상으로 변환한다. 그리고 OTSU를 포함한 적응형 임계화를 수행한다.

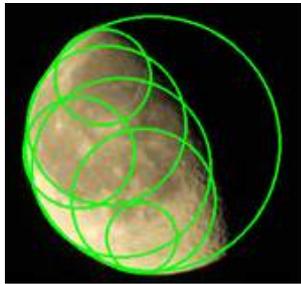


그림 1. 달 영역의 후보군

두 번째 단계에서는 모폴로지 연산(확장 2회, 침식 2회)을 수행하고 허프 원 변환을 수행한다. 해당 단계에서는 r 과 동일한 크기의 영역을 (w_2, w_2) 로 축소한다. 그림2-(a)와 그림2-(b)는 단계에 따른 달 영역의 결과를 나타낸다.

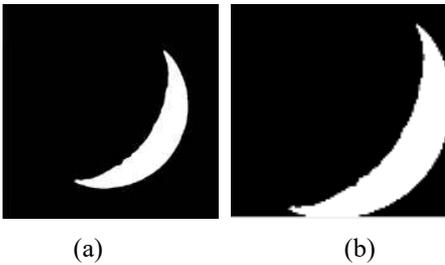


그림 2. 단계에 따른 달 영역의 결과

그림 3과 같이 원의 방정식을 통해 계산되는 내부 영역과 흰색으로 검출한 달의 모양을 마스킹 연산을 통해 정확한 원을 만든다. 원의 중심을 (a, b) 라 할 때 영상 좌표계에서 $(x-a)^2 + (y-b)^2 < r^2$ 을 만족하는 영역만을 남기고 제거한다.

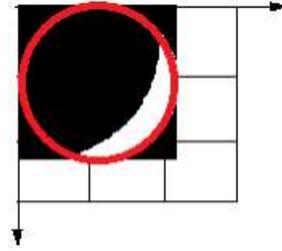


그림 3. 원의 방정식을 통한 내부 영역 계산

2.2 달 분류

달 분류는 원의 면적에 따른 흰 영역을 통해 계산된 비율로 달을 3가지로 분류하고, 보름달을 제외한 달에 대해서는 반지름을 기준으로 흰색 영역이 많이 위치한 방향에 따라 분류한다.

표 1. 달 분류 방법

구분	면적 비율	흰색 영역 방향
초승달	30% 미만	오른쪽
상현달	30% 이상 80% 미만	오른쪽
보름달	80% 이상	
하현달	30% 이상 80% 미만	왼쪽
그믐달	30% 미만	왼쪽

3. 실험 결과 및 분석

본 논문의 실험에서는 캐니와 이미지 분할에 흔히 사용되는 적응형 임계화의 실험, 허프 원 변환을 1단계 혹은 2단계로 사용하는 실험으로 평가를 진행한다. 실험 간에 $w_1=480, w_2=100$ 으로 고정하며 데이터 세트는 달 모양 별 21장, 총 105장에 대해서 성능평가를 진행한다. 표 2는 방법에 따른 정확도를 나타내며 이에 따른 결과는 그림 4와 같이 나타난다. 본 논문에서 제안하는 방법은 그림 4-(d)와 같이 97.14%로 높은 성능을 보였다.

표 2. 실험 결과

적응형 임계화	캐니	허프 원 변환 1회	허프 원 변환 2회	정확도
○		○		75.73%
○			○	83.50%
	○	○		93.33%
	○		○	97.14%

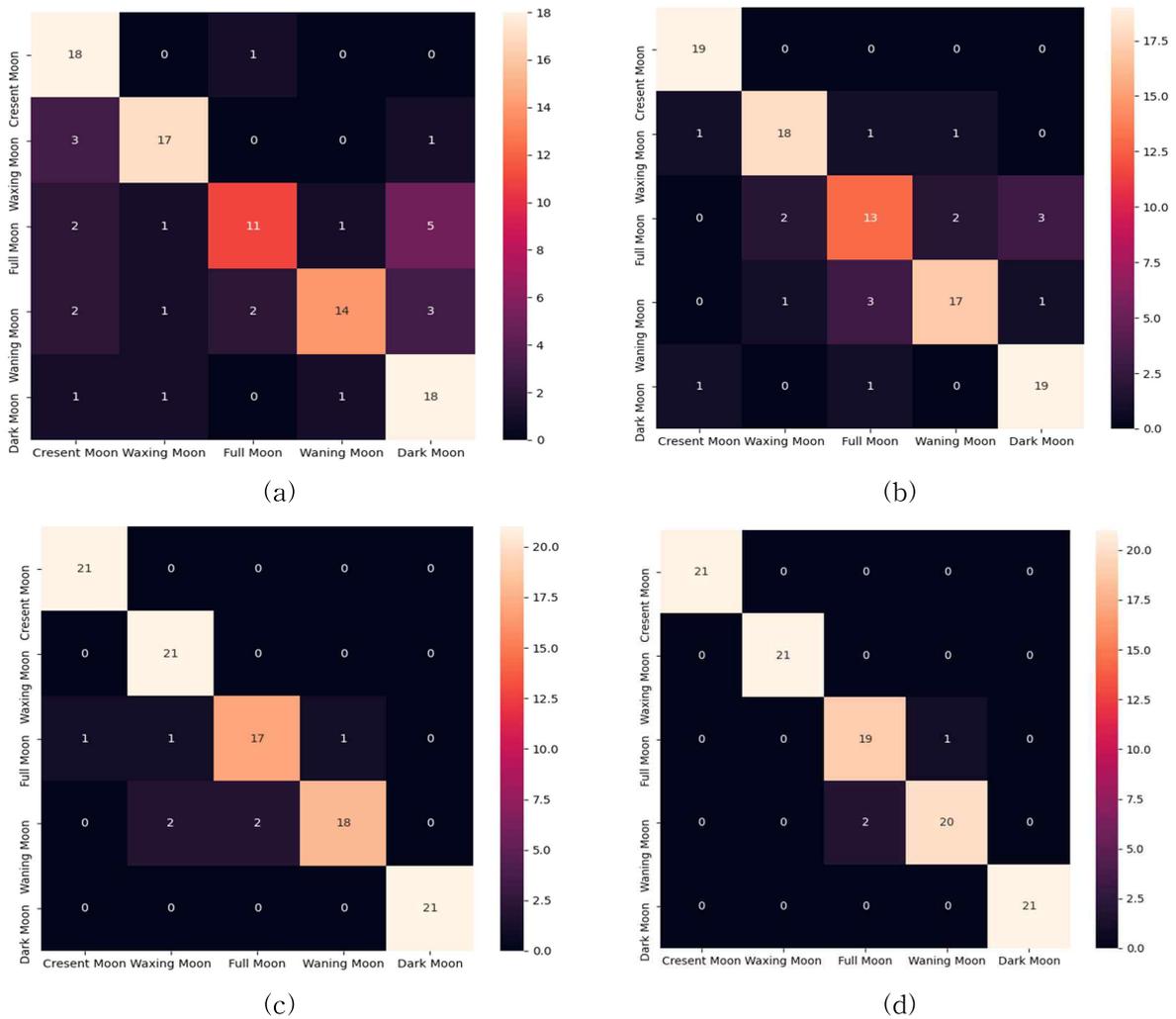


그림 4. 실험 조건에 따른 히트 맵 결과

4. 결론

본 논문에서는 영상처리 기술을 이용해 달을 분류하는 방법을 제안하였다. 그 결과 전처리 과정에서는 캐니를 사용하고, 허프 원 변환을 두 번 진행하는 것이 높은 성능을 보였다.

Acknowledgement

본 연구는 2021년도 중소벤처기업부의 기술개발 사업 지원에 의한 연구임 [S3174988]

참고문헌

[1] https://www.edunet.net/nedu/contsvc/viewDanwonContentPost.do?contents_id=fs_a0000-2015-0130-0000-00000000542&head_div=s2015
 [2] S. Hong and H. Shin, "Comparative Performance

Analysis of Feature Detection and Matching Methods for Lunar Terrain Images", Journal Of The Korean Society of Civil Engineers, Vol. 40, No. 4, pp. 437-444, Aug. 2020.
 [3] H. Lee, D. Lee, Y. Lee and H. Choi, "Study on Image Recognition Map of Lunar Surface from Perspective of Deep Neural Network", Proc. Of The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, pp. 133-134, Nov. 2020.
 [4] O. Ronneberger, P. Fischer and T. Brox, "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation", Proc. of the MIC-CAI, pp. 234-241, Oct 2015.
 [5] Minaee, Shervin, Boykov, Yuri Y., Porikli, Fatih, Plaza, Antonio J, Kehtarnavaz, Nasser, Terzopoulos and Demetri, "Image segmentation using deep learning: A survey" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2021