

논문 2017-54-10-11

증강현실을 위한 라인 프루닝 필터
허프변환 기반 대상 영역 검출(Target Region Detection Using Line Pruning Filter-Based
Hough Transform for Augmented Reality)

이 형 민*, 이 상 윤**

(Hyeongmin Lee and Sangyoun Lee[©])

요 약

증강현실(Augmented Reality; AR)은 입력받은 현실 영상에 대상 영상을 결합하여 출력하는 형태의 시스템이다. 그렇기 때문에 가상 영상을 우리가 원하는 올바른 위치에 결합시킬 방법에 대한 문제는 증강현실에서 가장 중요한 문제들 중 하나다. 본 논문에서는 다양한 조건에서 허프변환을 통해 직사각형 형태의 영역들을 자동으로 검출하고 올바른 위치에 가상 영상을 결합시키기 위한 방법론에 대해 논한다. 또한 그 과정에서 허프변환으로 얻은 라인들을 단순화시키는 과정인 라인 프루닝 필터(Line Pruning Filter; LPF) 알고리즘을 제안하고 이에 대해 다양한 실험을 통하여 검출 성능의 향상을 확인하였다.

Abstract

Augmented Reality (AR) is a system that aggregates virtual images into the actual images. How we combine virtual image into a desired locations is one of the most important issues for augmented reality. In this paper, we discuss how to automatically detect rectangular regions and combine virtual images in correct locations under various conditions. Also the Line Pruning Filter(LPF) algorithm that simplifies the lines from the Hough Transform is proposed to improve the performance of the detection of rectangular regions.

Keywords: Augmented Reality, Hough Transform, Area Detection, Corner Detection, Line Detection

I. 서 론

사용자에게 새로운 정보와 컴퓨팅 환경을 제공하는 시스템이다^[1~2].

1. 연구의 목적

증강현실(AR: Augmented Reality)은 가상과 실제 영상을 결합하고 서로 실시간으로 상호작용하게 하며 알맞은 위치에 표현되게끔 위치 조정을 하는 시스템으로, 쉽게 말해서 가상의 영상과 실제 영상이 어우러져

* 학생회원, ** 평생회원, 연세대학교 전기전자공학과
(School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

© Corresponding Author(E-mail: syleee@yonsei.ac.kr)

Received ; August 1, 2017 Revised ; August 15, 2017

Accepted ; September 18, 2017

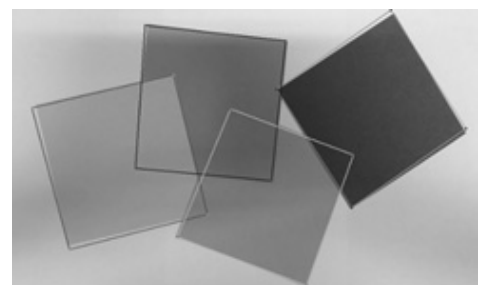


그림 1. 대상 영역 검출 결과

Fig 1. Result of Target Region Detection.

증강현실 시스템 상에서 스마트폰 등의 디바이스를 통해 촬영된 현실 정보는 서버로 전송되고, 서버는 이 현실 정보를 파악하여 그에 맞는 가상 정보를 결합해서 사용자에게 보내게 된다^[3]. 이러한 과정 중, ‘가상 정보를 어느 위치에 표현할 것인가’에 대한 부분은 증강현실에서 가장 중요한 문제 중 하나이다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 직사각형 형태의 가상 영상을 현실 영상의 올바른 위치에 결합하기 위해 현실 영상으로부터 적절한 직사각형 형태의 영역의 네 코너를 검출하는 방법에 대해 논한다. 더 나아가, 흰 종이가 아닌 임의의 배경 상에 존재하는 영역을 검출하기 위한 연구^[14]가 이루어진 바 있는데, 이와 더불어 다른 영역이나 장애물에 의해 가려진 영역까지도 검출해 내는 것을 목표로 하고, 그 과정에서 성능 개선을 위해 고안된 라인 프루닝 필터(Line Pruning Filter)를 제안한다.

2. 기존 알고리즘들의 문제점

(1) 해리스 코너 검출기의 문제점

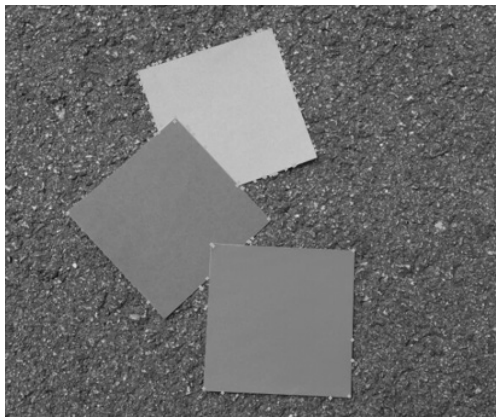


그림 2. 해리스 코너 검출기의 한계점들
Fig. 2. Drawbacks of Harris Corner Detector.

직사각형 영역의 네 코너를 검출하기 위해 사용될 수 있는 코너 검출 알고리즘은 여러 가지가 있는데, 그중에서도 해리스 코너 검출기^[4]는 일반적으로 증강현실에 적용하기 위해 가장 많이 쓰이는 코너 검출기 중의 하나이다^[11~13]. 하지만 본 논문에서 목적으로 하는 대상 영역 검출에 적용하기에는 다음과 같은 한계점들이 있다.

코너 오검출: 실제 4개의 코너 이외의 몇몇 지점들이 함께 인식되어 어떤 점이 실제 코너인지 명확하지 않다. 단일 대상을 찾기 위해서는 정확히 4개의 코너가 필요한데, 해리스 코너 검출기만으로는 이것이 어려워, 추가적인 노력이 필요하다.(그림 2 참고)

복잡한 배경: 배경의 복잡성에 의해 배경으로부터 잘못된 코너가 검출된 경우 실제 찾고 싶은 영역의 코너인지 아닌지를 구분하기가 쉽지 않다. 본 논문의 목적은 복잡한 배경 상에서도 문제없이 대상 영역을 검출하는 것이기 때문에, 해리스 코너 검출기를 이용하기 위해서는 배경 영상을 분리해낼 만한 추가적인 노력이 역시 필요하다.

가려짐: 다른 대상에 의해 가려진 코너는 검출할 수 없다. 물론 위에서 언급한 코너 오검출의 문제가 해결되면, 이미 찾은 코너들의 벡터 합을 통해 나머지 코너를 찾아낼 수 있지만, 이 또한 두 개 이상의 코너가 가려진 경우 검출이 어렵고, 코너 오검출 문제에 대한 해결책 역시 추가로 필요하다는 단점이 있다.

(2) 허프변환을 통한 간접적 코너 검출의 문제점



그림 3. 기존 허프변환을 통한 라인 검출의 문제점
Fig. 3. Drawbacks of Hough Transform-Based Line Detection.

앞에서 확인하였듯이 직접 코너를 찾는 방법에는 여러 한계점이 존재한다. 그래서 본 논문에서는 뒤에서 소개될 ‘허프변환^[5]을 통해 라인을 찾은 후(그림 3 참고)^[6], 그 교점을 구함으로써 코너를 찾는 방법’을 제안하는데, 이때 사용될 허프변환에도 다음과 같은 문제점이 존재한다.

불필요한 라인: ‘라인’이라고 결정할 기준 임계치가 낮아질수록 다른 라인을 찾는 것이 아니라 이미 찾은 라인과 유사한 불필요한 라인들을 먼저 찾게 되어 결과가 복잡해지고 정확성이 떨어지는 문제가 발생한다. 또한, 이 문제를 해결하지 않는다면 위의 해리스 코너 검출기에서와 마찬가지로 정확히 4개의 점이 아닌 불필요한 점들이 생겨날 수가 있다.

II. 본 론

1. 알고리즘의 개요

목표 영역의 코너들을 검출하기 위해서 현실 영상은 그림 4와 같이 각 영역을 구분해 주는 영상 분할 과정과 라인 프루닝 필터 기반의 코너 검출 과정을 거치게 된다.

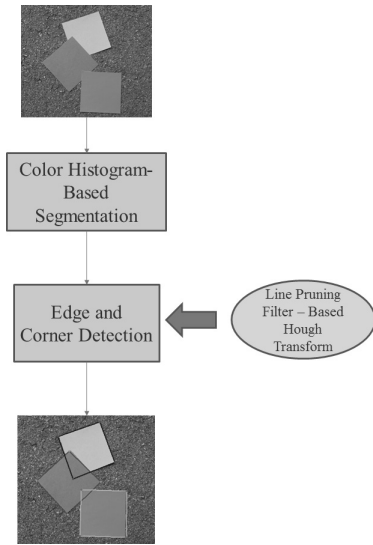


그림 4. 라인프루닝필터 기반 코너 검출의 블록다이어그램
Fig. 4. Block Diagram of Line Pruning Filter-Based Corner Detector.

2. 색상 히스토그램 기반 영상 분할

(1) 색상 히스토그램 생성

본 논문에서는 각 영역을 색상을 기반으로 하여 구분하였다. 그래서 먼저 주어진 이미지를 HSV 형으로 변환한 후, 각 픽셀의 H(색상) 값을 가로축으로 하여 히스토그램화^[7] 한다. (이때, 검은색이나 흰색은 색상 값이 의미가 없으므로 일정 채도 이하의 픽셀들은 카운트하지 않는다.) 그리고 히스토그램값들 중 최댓값의 1% 미만인 것들은 제거(0으로 처리, 즉 노이즈로 취급)하고, 최종 얻어진 히스토그램을 통해 각 색을 그룹화 한다. 이때, 한 그룹의 정의는 다음과 같다.

- 그룹의 시작: 0이 2번 이상 반복되고 0이 아닌 값이 등장한다.
- 그룹의 끝: 0이 아닌 값 이후에 0이 2번 이상 반복된다.
- 그룹의 판정 기준: 그룹의 시작과 끝 사이의 거리가 2보다 크면 그룹이라 칭한다.

색상은 직선형이 아닌 원형의 데이터이기 때문에(그림 5 참고) 붉은색의 경우 양 끝 색상 값에 걸칠 수가 있다. 그래서 마지막 가로축 값이 0이 될 때까지 히스토그램을 평행이동 시킨다. 그 후 색상을 따라 차례로 스캔하면서 위의 그룹 정의에 따라 그룹을 찾아내고 각 그룹에서 히스토그램값이 가장 큰 색상 값들을 그 그룹의 대표 색상으로 하고, 이 대표 색상들을 다음 단계로 전달한다.

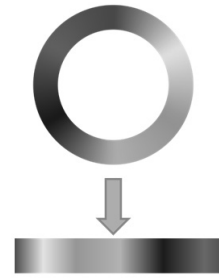


그림 5. 색상 원의 직선화
Fig. 5. Straightening the Color Circle.

위와 같은 방법으로 색상 기반 영상 분할을 진행한 결과, 그림 6과 같이 가장 유사한 색상의 영역이 공존하는 데이터에 대해서도 그림 7과 같이 완벽히 분리된 형태의 히스토그램이 형성되었다. 그렇기 때문에 모든 데이터베이스에 대하여 문제없이 다음 모듈로 넘어가서 코너 검출에 관한 실험을 진행하는 것이 가능하다.

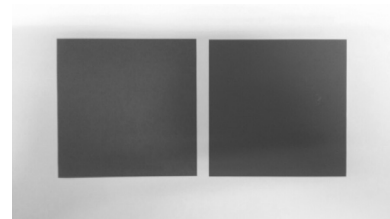


그림 6. 가장 유사한 색상의 영역이 공존하는 데이터
Fig. 6. The data with the regions that have the most similar colors.

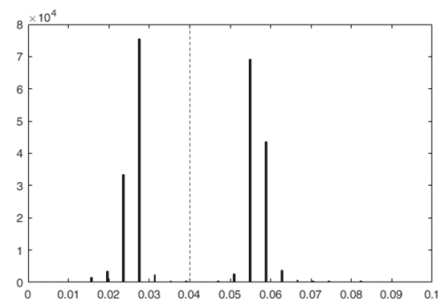


그림 7. 그림 6 데이터에 해당하는 색상 히스토그램의 일부
Fig. 7. The Color Histogram part of Figure 7 data.

(2) 영상 분할

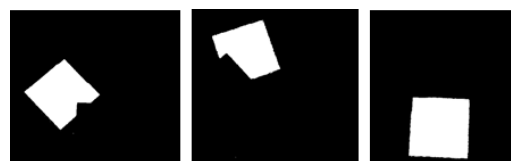


그림 8. 색상에 따라 분할 된 바이너리 영상들
Fig. 8. Binary images segmented by the color.

이전 단계에서 얻어낸 각 그룹의 대표 색상 값(H)들을 기준으로 $H \pm 0.02$ 의 구간 안의 색상 값을 가지는 픽셀들을 뽑는다. 이 픽셀들의 값이 1이고 나머지가 0인 이진화 영상들을 각각 만들어내면 그림 8과 같이 그룹 하나당 이진화 영상이 하나씩 형성된다.

3. 에지와 코너 검출

(1) 라인 간소화를 위한 라인 프루닝 필터(Line Pruning Filter)



그림 9. (위)라인 프루닝 필터를 적용하지 않은 결과와 (아래)라인 프루닝 필터를 적용한 결과

Fig. 9. (top)Result without Line Pruning Filter and (bottom)Result with Line Pruning Filter.

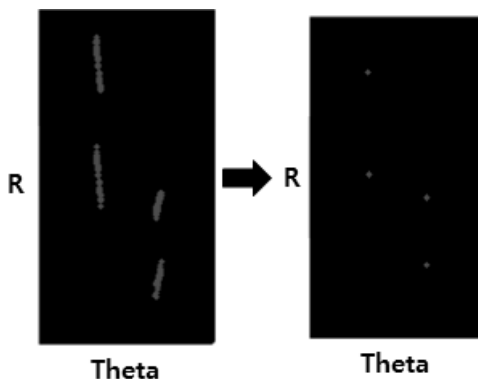


그림 10. 영상을 허프변환 했을 때 얻어지는 허프공간(좌)과 라인 프루닝 필터를 적용한 이후의 허프공간(우)

Fig. 10. Hough Domain from the Hough Transform (Left) and Hough Domain after the applying Line Pruning Filter(Right).

앞에서 소개하였듯이 허프변환으로 찾은 라인 중에는 불필요한 라인들이 함께 검출되는 문제점을 해결하기 위해, 본 논문에서는 라인 프루닝 필터라는 필터를 적용하는 방법을 제안한다.

라인 프루닝 필터의 적용 방법은 다음과 같다. 특정 크기의 마스크를 허프변환 값이 0이 아닌 모든 지점(P)

을 중앙으로 하여 형성한 후, 같은 마스크 안에 P의 허프변환 값보다 큰 값을 갖는 지점(Q)이 있다면 P 점을 삭제하는 것이다. (다시 설명하면, P 주변에 더 확실한 직선이 있다면 점 P를 삭제하는 알고리즘이다.) 그 결과 그림 10의 오른쪽 그림과 같은 허프공간을 얻을 수 있으며, 이렇게 라인 프루닝 필터를 이용하여 불필요한 라인들을 제거하고 이를 대상 영역 검출 알고리즘에 적용시켜 그림 8과 같이 성능을 향상시킬 수 있다.

(2) 라인 프루닝 필터 기반 허프변환

위에서 소개한 라인 프루닝 필터를 적용한 허프변환 과정은 다음과 같다. 먼저 주어진 이미지를 허프변환하고, 변환 값이 일정 임계치 보다 작은 값들은 전부 제거한다. 그 후 허프 공간상에서 라인 프루닝 필터를 적용하고, 이에 따라 라인을 표시한다.

(3) 코너 검출에의 적용

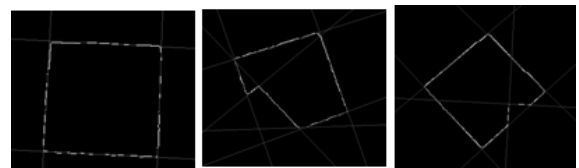


그림 11. 라인 검출 결과

Fig. 11. Result of Line Detection.

이 단계는 본격적으로 라인 프루닝 필터를 적용한 허프변환을 이용하여 대상 영역을 검출하는 단계이다. 먼저 앞의 영상 분할 단계로부터 이진화 영상들을 받는다. 받은 이미지 상에서 자잘한 점들은 노이즈로 작용하여 불필요한 라인들을 찾게 만드는 원인이 되므로 이미지에 열림 & 닫힘 연산을 적용하는 방식^[8]을 통해 이진 노이즈를 제거한다. 그 후, 캐니 에지 검출기^[9]를 이용하여 각 이미지의 에지를 찾아 허프변환 시키고, 라인 프루닝 필터를 적용시킨다. 그러면 그림 11과 같이 직사각형의 네 변을 이루는 라인들이 검출되며, 이렇게 찾아진 라인들이 이루는 직사각형을 찾기 위해 허프공간 상에서 각 라인이 영상의 가로축과 이루는 각의 크기를 비교하며 평행선 쌍들을 찾는데, 평행한 선이 3개 이상 검출될 경우 그 중 허프변환 값이 가장 큰 두 라인을 택한다. 이 때, 평행선 쌍의 개수가 2쌍보다 작거나 2쌍을 초과하는 이미지는 배경 이미지일 확률이 매우 높기 때문에 제외한다. 그 후 마지막으로 평행선이 2쌍인 이미지들은 각 라인의 교점을 찾아서 네 코너의 좌표를 구해낸다.

Ⅲ. 실험

1. 실험 환경

(1) 데이터베이스 조건

표 1. 실험 환경에 따른 데이터베이스와 그 수량
Table1. Database over the experiment environment and the number of them.

배경	1. 단순 배경 - 백지(42장) 2. 복잡한 배경 - 시멘트 바닥(11장) - 아스팔트 바닥(5장) - 잔디 위(7장)
가려짐	1. 코너가 가려지지 않은 경우(13장) 2. 코너가 가려진 경우(50장)

(2) 성능 비교 대상 알고리즘들

- **라인 프루닝 필터 기반 허프변환(제안된 알고리즘)**
: 위에서 제안한 라인 프루닝 필터를 적용한 허프 변환을 이용하여 코너를 검출한 경우
- **해리스 코너 검출기**: 라인 기반이 아니라 해리스 코너 검출기를 이용하여 코너를 검출한 경우. 이때 해리스 코너 검출기는 제안된 알고리즘과는 다르게 필요한 4개의 코너 이외에 ‘실제로 코너가 아닌데 코너로 인식한 점’이 발생할 수 있으므로, 이 문제를 완벽히 해결하였다는 가정 하에 실제 코너에 가장 가까운 점들만 남겨놓고 다른 알고리즘들과의 비교를 진행하였다.
- **K-평균 군집화 기반 허프변환**: 라인 단순화 단계에서 위에서 제안된 라인 프루닝 필터를 쓰지 않고, 허프 공간상의 모여 있는 점들을 그룹화 시키는 수단으로 K-평균 군집화 알고리즘^[10]을 이용한 경우
- **필터를 적용하지 않은 경우**: 라인 단순화를 적용하지 않고 바로 라인을 검출하여 코너를 검출한 경우

(3) 하드웨어/소프트웨어

표 2. 하드웨어/소프트웨어

Table2. Hardware/Software.

하드웨어	Intel(R) Core(TM) i3-4005 CPU @ 1.70 GHz and 4.00 GB RAM 컴퓨터
소프트웨어	Matlab

(4) 비교 척도

알고리즘의 성능을 비교하기 위해 실제 점과 인식된 점 사이의 거리에 대하여, 이 거리가 임계치보다 작을 경우 ‘Hit’, 클 경우를 ‘Miss’로 설정하여 Hit의 개수 비율(Hit rate = Hit/(Hit+Miss))을 구하는데, 임계치를 점점 높여가며 Hit 비율을 계산하여 커브를 생성한다. 이 커브는 다음과 같은 정보를 담고 있다.

- 커브의 최종 수렴 값이 클수록 더 많은 점을 검출해낼 수 있다는 의미.
- 커브가 초반에 급격히 증가할수록 임계치가 작은, 즉, 더 엄격한 상황에서도 작은 오차로 정확하게 코너를 검출해 낼 수 있다는 의미.

2. 실험 결과

(1) 단순 배경 & 코너가 가려지지 않은 경우



그림 12. 단순 배경(백지) 상에서 코너가 가려지지 않은 경우에 대한 실험 결과

Fig. 12. Result of Experiment on Simple Background and Non-Occlusion condition.

하나 이상의 변이 거의 전부 가려진 경우 또는 영역이 비스듬하게 찍혀 평행선이 검출되지 않은 경우를 제외하고는 그림 12와 같이 코너들이 전부 잘 검출되었으며, 비슷한 색상의 영역과 영역의 색상의 채도가 낮은 경우 또한 잘 검출된다. 또한, 붉은색이 색상 값의 양 끝 경계에 위치하여 검출이 어려울 수 있으나, 앞에서 설명한 것처럼 색상 값을 평행이동 시키는 방식을 이용하여 문제없이 검출 가능하다.

(2) 복잡한 배경의 경우

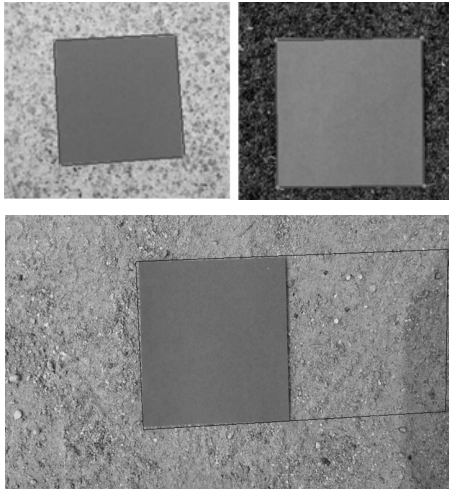


그림 13. 복잡한 배경 상에서의 실험 결과

Fig. 13. Result of Experiment on Complex Background condition.

그림 13의 세 번째 그림과 같이 배경색이 너무 일관되고 채도가 높아서 하나의 큰 그룹이 형성된 경우 또는 배경색과 색종이의 색이 유사한 경우를 제외하고는 효과적인 코너 검출이 가능하다.

(3) 일부 코너가 가려진 경우

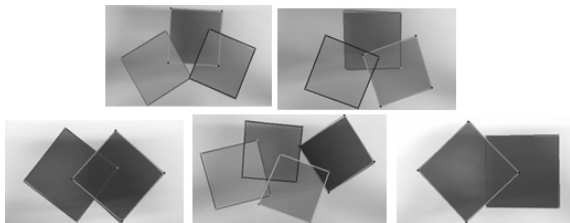


그림 14. 일부 코너가 가려진 경우의 실험 결과

Fig. 14. The experimental result under occlusion condition.

색의 유사성, 대상 영역의 개수, 배경에 상관없이 전부 가려진 점까지 문제없이 검출되었으며, 2개 이상의 코너가 가려지더라도, 하나 이상의 변 전체가 가려지지 않는 한, 가려진 점을 포함하여 모든 코너가 검출된다. 또한, 가려진 코너 개수가 늘어나도 이와 관계없이 검출 성능은 떨어지지 않고 유지된다.

(4) 복잡한 배경 & 일부 코너가 가려진 경우

복잡한 배경과 가려짐 조건이 함께 적용된 경우에서도 역시 코너들이 잘 검출되었다. 복잡한 배경에는 ‘라인 단순화’라는 방식, 그리고 가려짐에는 ‘점을 직접 찾지 않고 라인을 기반으로 하여 교점을 구하는 방식’을

써서 각각 독립적으로 대응하는 알고리즘이기 때문에 두 조건이 동시에 적용된다 하더라도 성능 저하는 거의 일어나지 않는다.

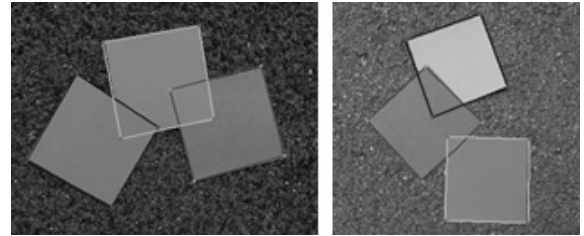


그림 15. 복잡한 배경 상에서 코너가 가려진 경우에 대한 실험 결과

Fig. 15. Result of Experiment on Complex Background and Occlusion condition.

3. 성능 비교

(1) 단순 배경과 복잡한 배경 상에서의 비교

허프변환 기반 알고리즘들(라인 프루닝 필터, K-평균 군집, 필터 미적용) 사이의 비교: 그림 16을 보면 라인 프루닝 필터를 적용한 경우가 K-평균 군집화 알고리즘을 적용한 경우나 아무 필터도 적용하지 않은 경우에 비해 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 특히 복잡한 배경 상에서 아무 필터도 적용되지 않은 경우 다른 허프변환 기반 방식들과 달리 성능이 많이 저하되는 모습을 볼 수 있는데, 이는 라인 단순화 작업이 복잡한 배경 상에서 특히 더 필수적이라는 사실을 의미한다.

제안된 방법과 해리스 코너 검출기 사이의 비교:

그림 16을 보면 라인 프루닝 필터를 적용한 경우와 해리스 코너 검출기 모두 배경의 상태에 따른 성능 변화는 거의 보이지 않고 있다. 또한, 해리스 코너 검출기는 임계치가 낮은 경우에, 그리고 라인 프루닝 필터를 적용한 방식은 임계치가 높은 경우에 강인한 모습을 보여주고 있는데, 이는 라인 프루닝 필터 방식이 해리스 코너 검출기 방식보다 ‘일단 검출에 성공한 코너’의 위치상 오차는 크지만 ‘결국 검출에 실패한 코너’의 수는 더 적다는 사실을 의미한다. 즉 라인 프루닝 필터 방식이 비록 그 정확도는 더 낮지만, 더 많은 점을 ‘검출에 성공’했음을 의미한다. 또한, 앞에서 말한 해리스 코너 검출기의 문제점인 코너 오검출 문제를 해결했다고 가정한다면 라인 프루닝 필터의 강점은 더욱 강조됨을 확인할 수 있다.

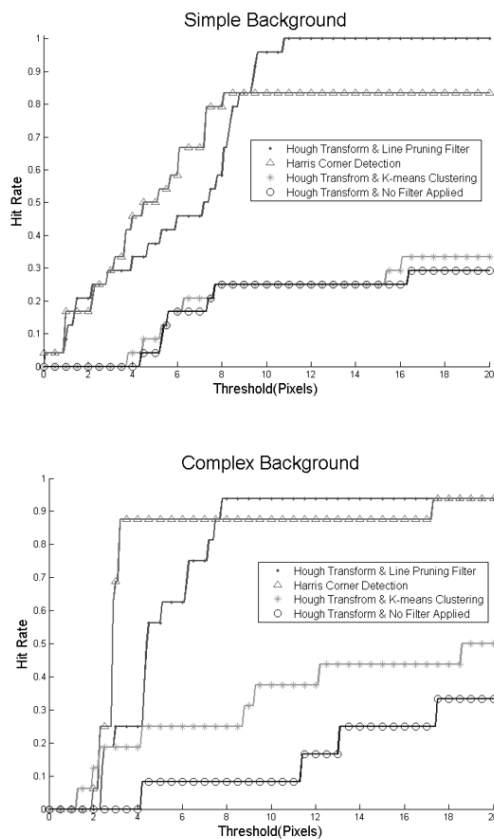


그림 16. 단순 배경과 복잡한 배경 상에서의 각 알고리즘 별 성능 비교

Fig. 16. Comparison among the algorithms under Simple Background and Complex Background Conditions.

(2) 코너의 일부가 가려지지 않은 경우와 가려진 경우에서의 비교

허프변환 기반 알고리즘들(라인 프루닝 필터, K-평균 군집, 필터 미적용) 사이의 비교: 그림 17을 보면 위의 배경 상태에 따른 비교와 마찬가지로, 라인 프루닝 필터를 적용한 경우가 K-평균 군집화 알고리즘을 이용한 경우와 라인 단순화 작업을 하지 않은 경우에 비해 성능이 높음을 알 수 있으며, 세 경우 모두 가려짐 여부에 따른 성능 변화는 거의 보이지 않는다.

제안된 방법과 해리스 코너 검출기 사이의 비교: 그림 17을 보면 가려짐이 없는 상황에서는 위의 배경 상태에 따른 비교와 마찬가지로 ‘일단 검출에 성공한 점’의 경우에는 해리스 코너 검출기의 정확도가 더 높지만, 라인 프루닝 필터가 비록 그 정확도는 더 낮지만, 더 많은 점을 ‘검출에 성공’하는 모습을 볼 수 있다. 하지만 가려진 코너가 존재하는 상황에서는 라인 프루닝 필터 방식과는 다르게 해리스 코너 검출기의 성능이 크게 저하되어, 라인 프루닝 필터를 적용한 경우가 성능

면에서 압도적으로 우위에 있게 되는 모습을 볼 수 있다. 이는 가려진 코너가 있는 상황에서 라인 프루닝 필터 방식이 해리스 코너 검출기보다 더 유리하다는 사실을 의미한다.

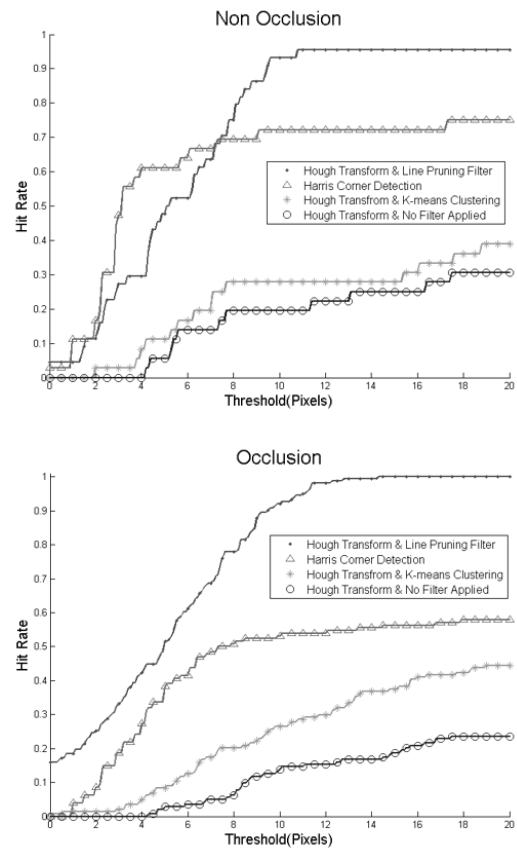


그림 17. 코너가 가려지지 않은 경우와 코너가 한 개 이상 가려진 경우의 각 알고리즘 별 성능 비교

Fig. 17. Comparison among the algorithms under Non-Occlusion and Occlusion Conditions.

4. 증강현실에서의 적용

(1) 적용 방법

먼저 각 영역이 영상 분할 작업을 통해 분리된 상태에서 라인 프루닝 필터 기반 허프변환을 이용하여 해당 영역의 코너를 검출한다. 이때, 연장선이 영상 전체의 가로축과 이루는 각도가 가장 작으면서 영상의 상단에 위치한 변을 윗변으로 정의하고 윗변과 영상의 가로축이 이루는 각도를 구한다. 그 후 준비된 영상을 영역의 크기만큼 크기 조정 한 후 위에서 구한 각도만큼 회전시키고 대상 영역의 ‘윗변’의 양 끝점 중, ‘좌측코너’의 좌표를 구하여 그 지점에 준비된 영상의 좌측 상단 코너를 위치시킨다. 이러한 처리를 분리된 각 분할 영상

에 동일하게 적용한 후, 각 영상을 다시 합친다. 마지막으로 대상 영역이 겹치는 부분에서는 색상을 통해 이진화 영상 정보를 참고하여 각 영상의 상하 관계를 밝히고 그 상하 관계에 맞게 준비된 영상들을 재배치한다. 또한, 대상 영역 또는 준비된 영상들이 동영상일 경우, 모든 프레임에 대하여 위와 같은 작업을 시행한다.

(2) 적용 결과

현실 영상으로부터 가상 영상을 추가할 위치 정보를 정확히 찾아내어 가상 영상을 결합한 증강현실 영상의 결과는 그림 18과 같으며, 가상 영상들이 매우 작은 오차 범위 내로 정확한 위치에 정확한 각도로 결합되는 모습을 볼 수 있다. 각 영역의 상하관계 또한 알맞게 배치되는 모습을 확인할 수 있다.

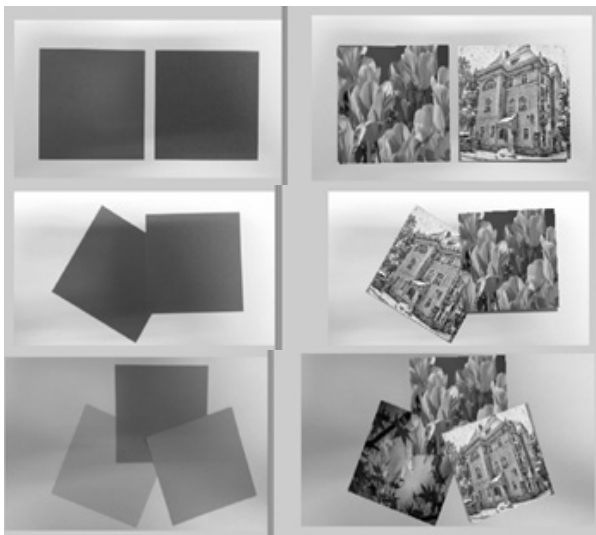


그림 18. 증강현실에서의 적용 결과

Fig. 18. Result of Application for the Augmented Reality.

(3) 토의

라인 프루닝 필터 기반 허프변환의 강점으로 인해 가려진 점도 성공적으로 검출해 내어, 영역이 겹쳐 있는 상황에서도 영역 간의 상하관계를 완벽히 파악하여 문제없이 증강현실을 위한 영상 치환까지 적용 가능하며 직관적인 알고리즘이기 때문에 추가적인 학습이 필요하지 않다는 장점이 있다. 하지만 각 프레임에 대하여 이 작업을 진행해야 하고, 프레임 간의 정보 교환이 존재하지 않기 때문에 동영상에 대해서는 처리 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

IV. 결 론

제안된 방법은 라인 프루닝 필터 기반 허프변환을 이용한 대상 영역 검출 방법이다. 이 알고리즘은 기존의 코너 검출 방식과는 다르게, 라인을 먼저 찾아 그 교점을 구하는 간접적인 방법을 사용한다. 제안된 방법을 통해 실제 코너가 아닌데도 코너로 검출하는 경우 없이 필요한 4개의 코너만을 찾을 수 있으며, 다른 대상 등에 의해 가려진 코너 또한 검출해낼 수 있다. 또한, 복잡한 배경 상황에서도 라인 프루닝 필터를 이용한 라인 단순화 작업을 통해 효과적으로 코너를 검출해 낼 수 있다.

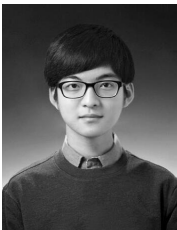
본 논문에서 제안된 방법에서 더 나아가서, 앞으로 더욱 발전된 분할/검출 알고리즘을 통해 제안된 방법을 보장한다면 성능이 한 층 더 향상될 수 있을 것이다. 그리고 주어진 판자나 책 등의 네 코너의 위치를 3차원적으로 인식하여 평면의 방정식과 수직 벡터를 구해내어 그 평면의 방정식과 이를 이용한 증강현실 시스템을 구현하는 등의 애플리케이션으로 발전시킬 여지가 있다. 또한, 알고리즘의 수행 시간을 단축하여 실시간 프로세싱이 가능하도록 한다면 더 실용적인 방향으로 발전할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] A Lee, J Lee, S Lee and J Choi, "Augmented Reality System using Planar Natural Feature Detection and Its Tracking." Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SP, vol. 46, no.4, pp 49-58, 2011.
- [2] R Azuma, Y Baillot, R Behringer, S Feiner, S Julier and B MacIntyre, "Recent advances in augmented reality." IEEE computer graphics and applications, vol. 21, no.6, pp 34-47, 2001.
- [3] Y Shin, J Park, S Shin, G Lim, S Song, C Lee and J Chung. "Improvement of Image Classification in Augmented Reality Based on Deep Learning." 2016 Summer Conference of the Institute of Electronics Engineers of Korea, pp. 1771-1773, 2016. 6.
- [4] C Harris and M Stephens. "A combined corner and edge detector." 4th Alvey vision conference, pp 147-151, 1988.
- [5] Illingworth, John, and Josef Kittler. "A survey of the Hough transform." Computer vision, graphics, and image processing vol. 44, no.1, pp 87-116, 1988.

- [6] Duda, Richard O and Hart, Peter E, "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures", Communications of the ACM, vol. 15, no. 5, pp 11-15, 1972.
- [7] Sural, Shamik, Gang Qian, and Sakti Pramanik. "Segmentation and histogram generation using the HSV color space for image retrieval." Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, pp. 589-592, 2002. 9.
- [8] Raid, A.M., Khedr, W.M., El-dosuky, M.A. and Aoud, M, "Image Restoration Based on Morphological Operations", International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSEIT), vol. 4, no. 3, 2014.
- [9] J. Canny, "A computational approach to edge detection," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 8, pp. 679-698, 1986.
- [10] Hartigan, John A and Wong, Manchek A, "Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm", Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), vol 28.1, pp 100-108, 1979.
- [11] S. Gibson, J. Cook, T. Howard, R. Hubbold, and D. Oram, "Accurate Camera Calibration for Off-Line, Video-Based Augmented Reality," IEEE and ACM Int'l Symp. Mixed and Augmented Reality, pp. 37-46, 2002.
- [12] D. Schmalstieg and D. Wagner. "Experiences with Handheld Augmented Reality." ISMAR vol. 07, pp. 3-18, 2007.
- [13] V. Lepetit, L. Vacchetti, D. Thalmann, and P. Fua. "Fully automated and stable registration for augmented reality applications." Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 93-102, 2003.
- [14] Hyeongmin Lee, Hanbyeol Bae, Taejae Joen, Jinkyung Do, Sangyoun Lee. "Corner Detection with Improved Hough Transform by Line Pruning Filter for Augmented Reality." Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp 1610-1611, 2017.6.

— 저 자 소 개 —



이 형 민(학생회원)
2014년~현재 연세대학교 전자공학과 학부 대학원 연계과정.
<주관심분야: 인공지능, 컴퓨터비전>



이 상 윤(평생회원)
1987년 연세대학교 전기전자공학과 학사 졸업.
1989년 연세대학교 전기전자공학과 석사 졸업.
1999년 Georgia Tech. 전기 및 컴퓨터공학과 박사 졸업.
1989년~2004년 KT 선임연구원.
2004년~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수
<주관심분야: 컴퓨터비전, 영상인식, 영상부호화>

