

# 허프변환을 이용한 효율적인 소실점 검출방법에 대한 연구

정수민\*, 김재승\*\*, 황보택근\*\*\*  
\*가천대학교 전자계산학과  
e-mail:sumini1019@nate.com

## A Study Efficient Vanishing Point Detection Method using an Hough Transform

Su-Min Jung\*, Jae-Seoung Kim\*\*, Taek-Guaen Whang-Bo\*\*\*  
\*Dept of Computer Science, Gachon University

### 요 약

단일 영상에서 3차원 정보를 획득하기 위해 가장 많이 사용되는 단서로는 소실점이 있다. 본 논문에서는 소실점을 추정하기 위해서 허프변환을 사용하여, 단일 영상의 소실점 탐색 시 유효 직선간의 기울기 값 비교 및 근접도를 구하여 교점 생성에 필요 없는 정보를 제거함으로써 소실점 추정 정확도를 높인 보다 정확한 소실점 탐색 기법을 제안하였다.

### 1. 서론

최근 급속도로 발전하는 정보화 및 인프라의 영향으로 사람들은 보다 많은 정보와 콘텐츠를 소비하게 되었으며, 그 중에서도 영화, 드라마 등 시각을 통한 매체는 가장 많은 수요를 차지하고 있다. 이에 따라 기존의 매체에 시각화를 증가시킨 3D 콘텐츠에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있으나 현재 3D 콘텐츠의 양은 수요에 비해 상대적으로 매우 부족한 실정이다.

이와 같은 이유로, 최근 국내 및 해외에서는 기존의 2D 콘텐츠를 3D 콘텐츠로 변환시켜 소비자의 수요를 만족시키는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 하지만 이러한 작업은 수작업을 요구하므로 돈과 시간이 매우 많이 필요하다는 단점이 있다. 따라서 단일 영상을 이용하되 수작업을 최소로 하는 깊이지도(depth map) 생성에 관한 연구가 절실히 필요하다.

소실점은 영상의 물체에 연장선을 그렸을 때 선과 선이 만나는 점으로서, 본 논문에서는 2D-3D 변환에서 매우 중요한 깊이단서로 사용되는 소실점의 획득 방법[1][2]에 대해 연구하여 기존 소실점 탐색 방법으로 주로 쓰이는 허프변환(Hough-Transform)[3] 직선 추출을 개선하였다.

본 논문은 단일 영상의 소실점 탐색 시 유효 직선간의 기울기 값 비교 및 근접도를 구하여 교점 생성에 필요 없는 정보를 제거함으로써 소실점 추정 정확도를 높이는 방법을 제안한다.

### 2. 제안하는 소실점 탐색 방법

본 논문에서는 단일 영상이 가지는 기하학적 특성을 이용하여 3차원 정보가 되는 깊이 지도를 형성하기 위하여 기하학 특성 중 깊이를 추정하는 대표적인 기법인 소실점을 이용하는 방법을 사용한다[4][5].

본 논문에서는 직선 검출에 용이한 허프변환 기법을 이용하여 영상 내 소실점의 위치를 보다 정확히 추정하고자 한다. 제안된 소실점 추정 알고리즘은 허프변환을 사용하여 획득한 유효직선 중 노이즈를 발생시키고 교점 근접 현상으로부터 소실점을 추정하는 것을 방해하는 불필요 직선을 제거하기 위한 방법으로 유효직선 중 수직-수평선 제거, 동일 기울기 값 유효직선 제거, 초 근접 직선 간 교점 생성 방지 기법을 사용한다.

시스템 구조도는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 시스템 구조도

\*\*\* : 가천대학교 IT대학 교수 (교신저자)

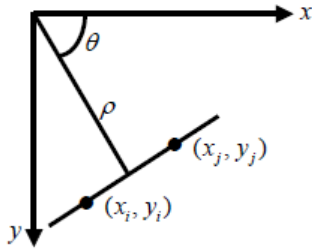
☆ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2012년도 콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음  
[과제번호 : R2012030006]

### 2.1 허프변환을 이용한 유효 직선 추출

영상에서 직선을 검출하기 위해 일반적으로 가장 많이 사용되는 알고리즘은 허프변환[6]으로서 외곽선 검출(edge detection)로 얻어진 결과 영상으로부터 유효 직선을 검출하기 위해 사용된다.

직선을 검출하기 위하여 (식 1)과 같은  $(\theta, \rho)$  매개변수 형태를 사용하였다[7].

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (\text{식 1})$$



(그림 2) 직선의 매개변수 표현

이를 통해 xy-평면상의 직선을  $\theta\rho$ -매개변수 공간상의 점으로 나타낼 수 있다.

허프변환에서는 이를 누적기(accumulator)의 셀에 나타내며, 누적기는  $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ,  $-D \leq \rho \leq D$  ( $D$ 는 입력 영상의 대각선 길이)의 범위를 가진다.

허프변환은 크게 두 단계로 나뉘며, 첫 단계는 incrementation stage로 외곽선 픽셀(Edge Pixel)  $(x_i, y_i)$ 에 대해,  $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  범위의 모든 각도에 대해 (식 2)와 같이 나타난다.

$$\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta \quad (\text{식 2})$$

두 번째 단계는 search stage로 모든 외곽선 픽셀에 대해 위의 과정을 거치고, 결과 누적기의 셀 중에서 일정 임계값(threshold)이상의 피크를 선택한다.

선택된 각 피크의  $(\theta, \rho)$ 로부터 (식 3)을 도출한다.

$$y_i = ax_i + b = \frac{-\cos \theta}{\sin \theta} x_i + \frac{\rho}{\sin \theta} \quad (\text{식 3})$$

(식 3)에 따라 직선의 방정식을 구한다. 이렇게 해서 영상에서 직선을 검출할 수 있다[8].



(그림 3) 원본 영상(좌)과 허프변환 통한 직선 검출 영상(우)

(그림 3)은 원본 이미지와 허프변환을 통해 유효 직선을 검출한 영상이다.

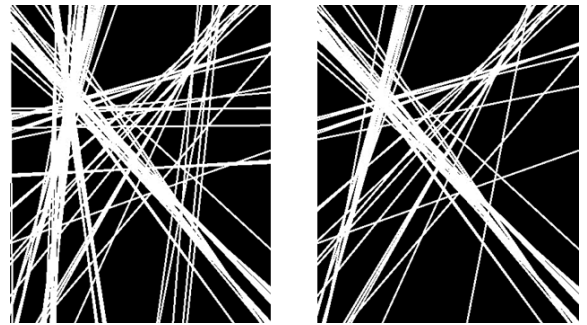
### 2.2 수직, 수평선 제거

단일 영상에서 허프변환을 통해 획득한 직선을 이용하여 소실점을 구하기 위해서 소실점 추정에 필요 없는 직선들을 제거한다. 그 중 첫 번째 방법으로, 일반적인 영상에서 소실점과 관련이 없는 수직, 수평선 형태의 직선을 제거한다.

$$l_{i\theta} = \begin{cases} (0+\epsilon)^\circ < l_{i\theta} < (90-\epsilon)^\circ & \rightarrow a = true \\ else & \rightarrow a = false \end{cases} \quad (\text{식 4})$$

(식 4)의  $l_{i\theta}$ 는 허프변환을 통해 얻은 유효직선 중  $i$ 번째 직선의 기울기를 뜻한다. 수직, 수평선 범위가 아닌,  $(0+\epsilon)^\circ$ ,  $(90-\epsilon)^\circ$  사이의 기울기에 속하는 유효직선을 제외한 나머지 직선을 삭제하여 교점생성을 방지한다.

(그림 4)는 (그림 3)의 원본 영상에 대해 유효 직선을 구한 영상과 수직, 수평선 제거 후의 영상을 나타낸다.

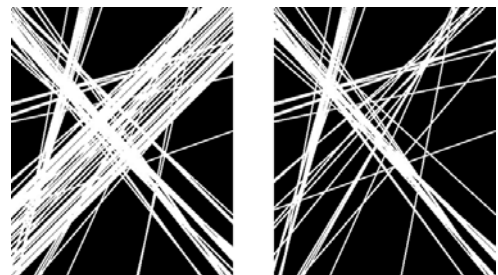


(그림 4) 수직, 수평선 제거 전(좌), 제거 후(우)

### 2.3 동일 기울기 값 유효직선 제거

단순히 허프변환을 사용한 직선 검출은 동일한 기울기 값의 직선들이 다량 생기는 경우가 발생한다. 소실점 특성상 동일한 기울기의 직선이 소실점을 생성하는데 동시에 기여할 수 없으므로, 이를 제거하여 교점 군집 정확도를 높인다.

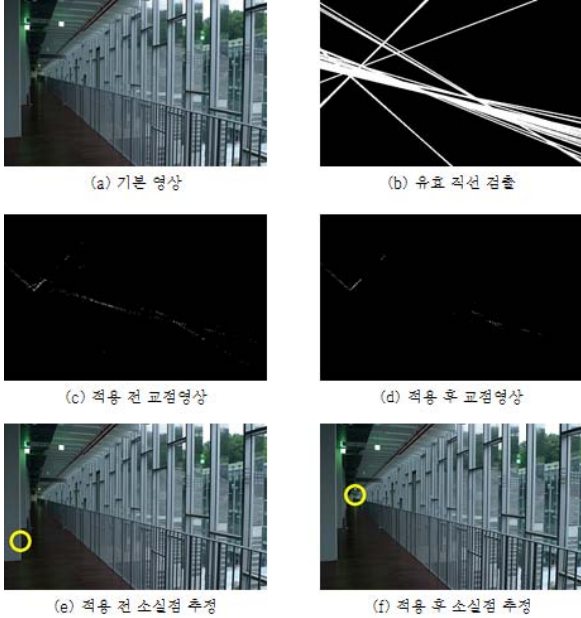
(그림 5)는 (그림 3)의 원본 영상에 대해 유효 직선을 구한 영상과 동일 기울기 값을 가진 직선 제거 후의 영상을 나타낸다.



(그림 5) 동일 기울기 직선 제거 전(좌), 후(우)

### 2.4 초 근접 직선 간 교점 생성 방지

(그림 6)에서와 같이 소실점을 향해 뺄어나가는 직선 중 매우 근접해 있으며, 기울기 값의 차이가 적은 경우 직선 간 수많은 교점을 생성하여 소실점이 아닌 지역에서의 군집도를 높이고, 결과적으로 소실점 추정 오류를 발생시킨다.



(그림 6) 초 근접 직선 교점 생성 방지 전-후 과정 및 결과

따라서, 직선 간 기울기와 거리를 구하여 일정 임계값 이하일 때 교점 생성을 방지하도록 한다. 하지만, 평행하지 않은 두 직선간의 거리는 구할 수 없으므로 (식 5)와 같이 기울기 값 차이만을 사용하되 표본수를 늘려 교점 군집의 정확도를 높인다.

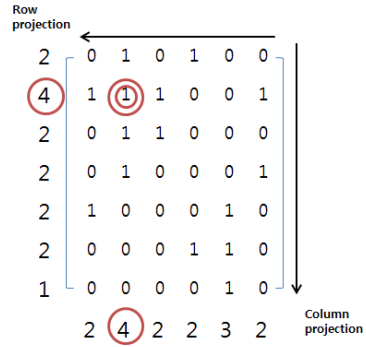
$$\begin{cases} |l_{i\theta} - l_{j\theta}| \geq \text{threshold} \rightarrow b = \text{true} \\ |l_{i\theta} - l_{j\theta}| < \text{threshold} \rightarrow b = \text{false} \end{cases} \quad (\text{식 } 5)$$

두 직선  $l_{i\theta}$ ,  $l_{j\theta}$  간의 기울기 차이가 임계값 이하( $b=false$ )일 때, 교점은 생성하지 않는다.

### 2.5 유효 직선 간 교점 군집으로부터의 소실점 추정

허프변환을 통해 구한 유효 직선으로부터 교점 군집을 방해하는 직선을 제거 및 교점 생성 방지를 통해 최종적으로 구한 교점 영상에서 소실점을 구한다. 소실점은 수직(column), 수평(row) Projection 방법을 통해 추정하도록 한다.

교점 영상은 이진화 영상으로서 교점은 1값을 가지며, (그림 7)과 같이 x, y축의 각 행, 열의 누산 값을 계산 후 최댓값에 해당하는 x, y좌표를 구하여 소실점 (i, j)에 대응시킨다.



(그림 7) x, y축 Projection 방법

### 3. 결과 및 향후 연구 계획

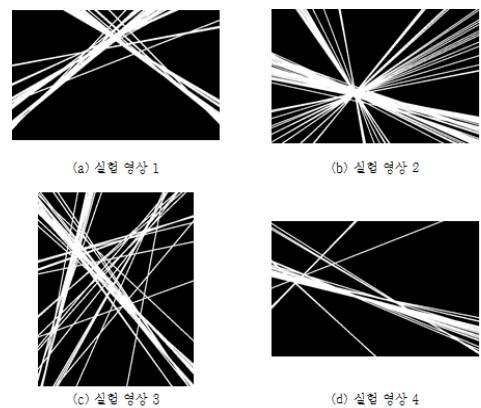
본 논문에서는 3차원 영상의 공간구조 복원의 중요한 단서인 깊이지도 생성하기 위한 소실점을 찾는 허프변환을 이용 후 교점 군집을 방해하는 직선을 제거함으로써 보다 정확하게 소실점을 추정할 수 있는 방법을 제안하였다.

본문에서 제안하는 알고리즘에 따라 실험 영상들에 대해 적용한 영상의 단계별 결과는 (그림 8, 9, 10, 11)과 같다. (그림 8)의 (a), (b), (c), (d)는 각 실험 영상을 나타낸다.



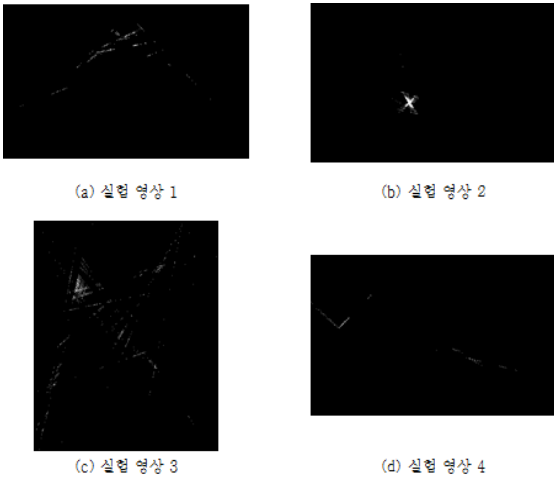
(그림 8) 실험 영상

(그림 9)의 (a), (b), (c), (d)는 각 실험 영상의 유효 직선 추출 영상을 나타낸다.



(그림 9) 실험 영상별 전처리 후 유효직선 추출 결과

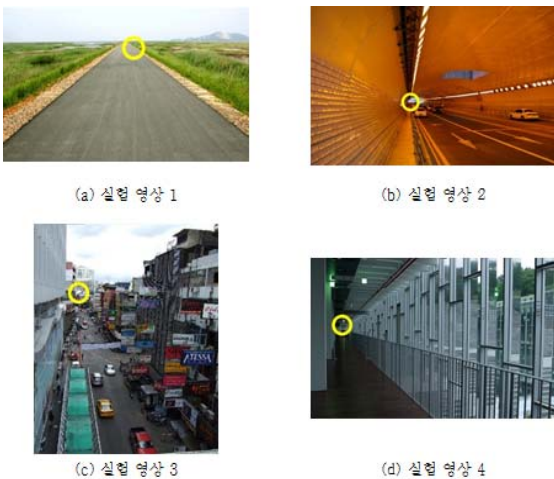
(그림 10)의 (a), (b), (c), (d)는 각 실험 영상의 교점 영상을 나타낸다. (d)의 경우 초 근접 직선 간 교점 생성을 방지했음에도 불구하고 오른쪽 하단 부분에 다량의 교점이 생긴 것을 확인할 수 있다.



(그림 10) 실험 영상별 교점 추출 결과

(그림 10)의 (a), (b), (c), (d)는 각 실험 영상의 소실점 추정 영상을 나타낸다. (a)의 경우, 소실점 추정 단계에서 예상 소실점보다 오른쪽으로 조금 치우친 것으로 추정되었다. 이는 Projection 방법의 한계로 Column Projection에서 오차가 다소 발생한 것이 이유이다.

(c)의 경우 다양한 객체와 여러 벡터를 가진 직선이 존재하여 허프변환만으로는 소실점 추정에 실패했으나 해당 알고리즘을 적용함으로써 소실점 추정에 성공하였다.



(그림 11) 실험 영상별 소실점 추정 결과

실험 결과 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 소실점 추정에 관해 큰 향상을 보였으며, 132개의 샘플 중 127개의 영상에서 소실점 추정이 가능했다.

그러나 소실점이 두 개 존재하는 영상, 선명하지 못한 영상, 뚜렷한 객체가 없는 영상 등에서 소실점을 찾지 못하는 단점과 교점 영상에서 소실점을 추정하는 수직, 수평

Projection 방법의 한계로 실제 소실점과 약간 벗어나는 위치를 추정하는 현상이 발생하였다.

향후 과제는 소실점을 구성하는 직선 중 가장 근접한 직선을 찾아, 깊이지도 형성 시 추가 정보를 줄 수 있도록 하고, 교점 영상에서의 소실점 추정 방법을 개선하여 오차를 줄이는 과정이 필요하다.

### 참고문헌

[1] J. Kogecha, and W.Zhang, "Efficient Computation of Vanishing Points," ICRA 2002, Vol.1, pp.223-228, 2002  
 [2] J. A. Shufelt, "Performance Evaluation and Analysis of Vanishing Point Detection Techniques," Proc. ARPA Image Understanding Workshop, pp. 1,113-1,132, 1996.  
 [3] J. Matas, C. Galambos, J. Kittler, "Progressive Probabilistic Hough Transform for Line Detection", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 1999.  
 [4] K. J. Ban, J. C. Kim, and E. K. Kim, "An Object Representation System Using Virtual Space Coordinates," KIMICS, Vol.8, No.4, Aug, 2010  
 [5] S. Battiato, S. Curti, M. La Cascia, E. Scordato, and M. Tortora, "Depth-Map Generation by Image Classification," In Proceedings of SPIE Electronic Imaging 2004, Three-Dimensional Image Capture and Applications VI, Vol.5302-13, San Jose, California, USA, 2004.  
 [6] R.C Gonzalez and R.E.Woods, "Digital Image Processing," pp. 432-438, 1993.  
 [7] R.O. Duda and P.E.Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley & Sons, Inc. 1973  
 [8] Jongwon Han, Jinsu Jo, Yillbyoung Lee, "Relative Depth-Map Generation from Monocular Image using a Valid Vanishing Point", The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol.33, No. 2(B)