

---

# 소실점과 움직임 객체간의 거리 추정

김동욱\*

## Distance Estimation Between Vanishing Point and Moving Object

Dong-Wook Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 움직임 객체 검출 기법의 성능을 향상시키기 위하여 소실점과 움직임 객체간의 거리를 추정하는 기법을 제안한다. 이를 위하여 먼저, 주어진 입력 영상에 대하여 하프변환을 이용하여 소실점을 추정하고, 이를 바탕으로 소실점과 움직임 객체간의 거리를 추출한다. 얻어진 거리 정보는 움직임 객체 추출에 효과적으로 사용된다. 모의실험에서 제안된 기법에 대한 모의실험 결과를 제시하였으며, 객체단위의 거리추정을 객체 추정에 활용할 수 있음 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, a new technique to estimate the distances between a vanishing point and moving objects is proposed. A vanishing point for an input image is estimated and it use to extract distance form the vanishing point to a moving object. Using the obtained distances, moving objects is extracted. In simulation results, several performances for a test image sequence is shown.

### 키워드

Vanishing point, Object Extraction, Distance, Hough Transform  
소실점, 객체 추출, 거리정보, Hough 변환

## 1. 서 론

3D공간에 있는 평행한 라인들의 집합은 핀홀 카메라로 얻어진 2D공간에 투영될 때 영상 면에서 수렴하고 만나는 점이 발생된다. 이 점을 소실점(vanishing point)이라고 한다. 3D 기반의 연구는 다양한 분야에서 진행된다 [1]. 카메라 렌즈의 중심으로부터 형성되는 벡터는 평행한 선들의 벡터와 관련이 깊다. 따라서, 소실점의 검출과 추정은 3D 장면을 분석하거나 컴퓨터비전 분야에서 다양하게 적용된다. 소실점은 3D 장면에 관한 많은 유용한 정보를 제공하며 [2][3]

[6], 카메라의 파라미터를 계산하는 데도 유용하게 사용되었다 [3][5][7]. D. Urdzik 등은 소실점을 이용하여 드라이빙 공간을 검출하는 기법을 제안하였다[2].

소실점을 검출하는 주된 아이디어는 평행한 직선들이 교차하는 점을 찾는 것이다. 물체의 위치와 영상은 일정한 관계를 가지고 있다. 즉, 물체가 소실점에 가까울수록 영상에서 나타나는 물체의 크기는 더 작아진다. 일반적으로는 소실점이 영상의 중앙부근에 형성된다는 가정 하에 중앙 점에 가까워질수록 물체의 크기가 더 작게 보인다는 점을 이용하여 3차원 정보 추출에 적용될 수 있다. 그렇지만 이러한 영상기반의 점

---

\* 전주대학교 전기전자정보통신공학부(dwkim@jj.ac.kr)

접수일자 : 2011. 08. 05

심사(수정)일자 : 2011. 09. 14

게재확정일자 : 2011. 10. 12

근방법은 3차원 정보 검출시 정확도가 다소 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 특징기반의 기법들이 연구되기도 하였다. 이것은 확률 분포 분석 모델이나 기하학적 매핑분석모델 등을 기반으로 하는 수학적 모델링 분석에 의존한다.

침입자 탐지 등의 보안 목적이나 또는 변화영역 검출 등의 다양한 목적을 위하여 영상기반의 다양한 응용들이 존재한다. 이러한 목적을 위해 일반적으로 적용되는 방법은 입력영상과 배경영상의 차 또는 입력영상과 이전영상의 차를 비교하고 변화영역을 검출하여 그 차이가 일정 이상일 경우 침입자를 감지하는 방법을 사용한다. 이러한 경우 소실점에 가까울수록 물체가 더 작게 영상 면에 나타나기 때문에 변화영역을 감지하기가 어려워진다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 소실점을 고려한 움직임 객체 검출 기법을 제시한다. 먼저, 2장에서는 소실점 검출 기법을 기술하며, 3장에서는 이를 바탕으로 새로운 움직임 객체 검출 기법을 제시한다. 4장에서는 소실점 검출 및 움직임 검출 기법에 대한 모의실험 결과를 제시하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 소실점 검출

소실점은 영상의 중앙부근에 많이 형성되나 늘 일반적인 것은 아니다. 따라서, 취득된 영상을 기반으로 적절하게 검출할 필요가 있다. 본 연구에서 대상으로 하는 분야는 보안 감시분야로서, 실내의 홀 모니터링 영상을 주된 대상으로 한다. 이러한 목적에 맞게 본 논문에서 소실점을 구하는 접근 방법은 다음과 같다. 먼저, 영상의 에지 세그먼트를 구한다. 특히, 소실점과 관련이 깊은 에지는 면과 면이 만나는 교차점, 카메라의 렌즈의 중심을 지나는 벡터와 평행한 에지성분 등이 중요한 키가 된다. 이러한 에지 성분을 소실점을 형성하는 소실라인이라 부르기로 한다. 이 소실라인은 정확하게 한 점에서 만나는 것이 올바르다고 할 수 있으나, 실제로는 한 점을 형성하기보다는 일정한 범위를 가지며 교차하는 것이 현실적이다.

### 2.1. 하프변환을 이용한 소실점 추정

원근효과에 의하여 물체는 시점에 가까울수록 크게 투영되며, 시점에서 멀어질수록 점점 작게 투영되며, 이를 선으로 표현하면 시점에서 멀어질수록 선과 선이 만나서 결국 소실점을 형성하게 된다. 먼저, 이러한 소실점을 추정하기 위하여 하프(Hough) 변환을 이용하고자 한다.

소실점은 여러개의 평행한 선들이 수렴하여 생성되는 점이다. 본 논문에서 소실점을 추정하기 위하여 앞에서 필요한 직선 성분을 추출하는 방법을 다루었다. 이는 Hough 변환을 기반으로 한다. 다음으로, 추출된 직선을 바탕으로 소실점을 추정한다. 하프변환을 통해 얻어진 직선을 바탕으로 소실점을 얻는 데에는 몇 가지 문제점들이 존재한다. 첫째, 카메라 시점과 같은 방향으로 평행한 직선들은 소실점 추정에 매우 유용하지만, 직선이 카메라 시점 방향과 직각인 경우 직관적으로 소실점 추정이 쉽지 않다. 둘째, 소실점은 단일점으로 형성되지 않는 경우가 많이 발생한다는 점이다. 이는 소실점이 영상 밖에서 형성되는 경우 또는 얻어진 직선성분이 부정확한 경우 등에 기인한다. 본 논문에서는 소실점이 영상밖에 존재하는 경우는 제외한다. 두 번째 제기된 문제점을 해결하기 위하여 최소제곱방법(least square method) 방법을 도입하기로 한다[5].

이 접근법은 소실점을  $VP(x_0, y_0)$ 라 할 때, Hough 공간에서 아래 함수  $J(x_k, y_k)$ 가 최소가 되는 값을 갖는  $(x_0, y_0)$ 를 얻는 것이다.

$$J(x_k, y_k) = \sum_{i=0}^n W_i (\rho_i - x_k \cos \theta_i - y_k \sin \theta_i)^2 \quad (1)$$

$$W_i = \frac{\nu_i}{V} \quad (2)$$

여기서,  $W_i$ 는 가중치로서,  $\nu_i$ 는  $(\rho_i, \theta_i)$  쌍의 수,  $V$ 는 전체 좌표 수이다. 식(3)은 여러 개의 직선성분에 대응하는 여러쌍의 정현신호를 갖는  $(\rho, \theta)$ 공간에서 임의의 점  $(x_k, y_k)$ 과 이 정현신호들간의 차가 최소가 되는 점을 찾는 것이다.

위의 기법은 소실점에 적절히 수렴될 때 잘 동작한다. 그러나, 소실점을 중심으로 수렴이 적절히 되지 않는 성분 예를들어, 수직성분 등이 많이 존재할 경우

본 알고리즘은 소실점을 적절히 추정하지 못한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 카메라 초점방향과 직각방향의 에지 성분을 제거함으로써 이러한 문제점을 해결하였다.

### III. 소실점 기반의 움직임 객체 검출

영상은 실제세계의 3차원 장면으로부터 카메라의 2차원 영상평면에 투영될 때 거리정보를 적절히 표현하지 못한다. 즉, 가까이 있는 물체는 크게 투영되며 카메라로부터 거리가 멀어질수록 점점 작은 크기로 표현된다.

객체를 검출하는데 있어서, 이와 같이 3차원 공간상의 깊이 차로 인하여 몇 가지 문제점이 발생된다. 첫째, 객체 검출을 위해 문턱치를 적용할 때, 객체의 크기를 무시하고 동일한 문턱치를 적용할 경우 카메라로부터 먼 거리의 객체는 인식하지 못하는 경우가 발생된다. 둘째, 문턱치를 통해 얻어진 객체에 대해 포폴로지와 같이 형태학적으로 필터링을 하고자 할

도의 너비가 각각  $x_1, x_2$ 이며  $x_1 = x_2$ 라고 가정한다. 이러한 환경에서, 카메라의 영상 면에 투영되는 영상은 그림 8과 같이 소실점으로부터 거리가 각각  $z_1, z_2$ 인 거리에 있는 물체는 원근 투영에 의해

$$\frac{x_1}{z_1} = \frac{x_2}{z_2} \tag{3}$$

의 관계를 갖는다. 즉, 동일한 크기의 물체가 영상 면에 나타나는 크기는 소실점으로부터 물체까지의 거리에 비례한다. 이러한 특성을 이용하여 보안 목적으로 장착된 카메라로부터 얻는 ‘홀 모니터’ 영상에 적용하고자 한다.



그림 2. 소실점과 움직임객체  
Fig. 2 Vanishing point and moving object

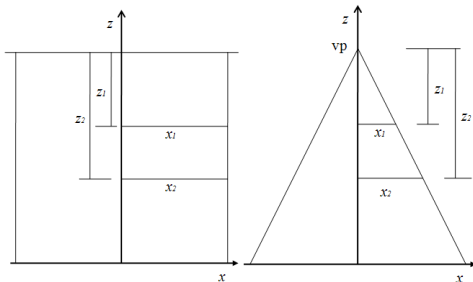


그림 1. 실제 공간과 영상평면  
Fig. 1 Real scene and image plane

경우 모든 객체에 대해서 구성소의 크기를 동일하게 적용할 경우 원하는 처리를 적절하게 할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 소실점 기반의 객체 검출 접근 방법을 통해 이 두 가지 문제점을 개선하고자 한다.

#### 3.1 객체 단위 거리 계산

그림 1은 건물의 실내 복도를 위에서 바라본 평면도를 간략히 나타낸 것이다. 여기서  $z_1$ 과  $z_2$ 에서 복

그림 2에 나타난 영상에서 소실점은 C로 표시된 점이다. 이 때, 보행자에 대해 발 위치를 A로 표시하고, 머리 위치를 B로 표시할 때, 영상에 나타난 A 위치는 소실점에서 멀리 떨어져 있는 반면에 B 위치는 소실점에 가깝다. 이 경우 소실점에 가까울수록 영상면에 더 적게 투영되어야 하는데, 실제로는 그렇지 않다. 이것은 실제로는 보행자의 발(A 위치)과 보행자의 머리(위치 B)는 사실상 카메라로부터 거의 동일한 거리에 있기 때문이다.

본 논문에서는 이 점을 고려하여 카메라로부터의 거리 또는 소실점으로부터의 거리는 보행자의 경우 바닥에 맞는 발의 위치를 검출하고, 소실점으로부터 이 위치까지의 거리를 보행자 객체 전체의 거리로 추정하고자 한다.

그림 3에서 소실점은 점  $vp$ 이고, A 및 B는 각각 소실점 또는 카메라로부터 서로 다른 거리상에 있는

보행자를 나타낸다. 이 때, 보행자 A에 대해서 이 객체의 바닥과 접해있는 발의 위치를 추정하여 보행자 A의 소실점으로부터의 거리는  $a$  이며, 마찬가지로 보행자 B 객체의 거리는  $b$ 이다.

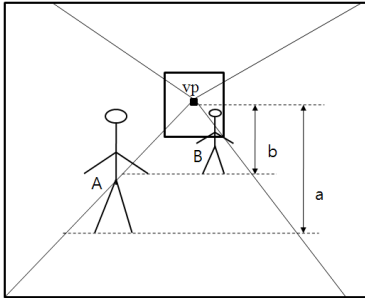


그림 3. 소실점과 객체별 거리

Fig. 3 Distances between vanishing point and objects

3.2 소실점으로부터 거리를 고려한 객체검출기법

본 절에서는 전절에서 제시한 보행자 객체 거리 검출 방법을 기반으로 보행자 객체를 검출하는 방법을 설명한다. 그림 4는 객체 검출 단계를 나타낸 것이다.

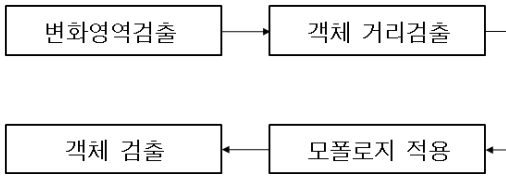


그림 4. 객체 검출과정

Fig. 4 Procedure of object extraction

3.2.1 변화영역 검출

만일  $x_i$ 를 입력영상이라고 하고,  $x_b$ 를 배경 영상이라고 할 때, 변화영역은

$$y = \begin{cases} 1, & \text{if } (|x_i - x_b| > T) \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

를 통해 얻는다.

3.2.2 객체 거리검출

먼저 객체별로 크기를 계산한다. 만일 영상  $R_i$  유한 개의 영역  $R_i$ 개로 구성되어 있을 때, 영역  $R_i$

중에서 화소의 개수가 지정된 문턱치  $T_r$ 보다 클 경우 움직임 객체로 간주하며, 그렇지 않으면 잡음 성분으로 간주한다. 즉,

$$\alpha(R_i) > T_r \quad (5)$$

이면 영역  $R_i$ 는 움직임 객체로 간주할 수 있다. 이 때, 소실점으로부터의 거리를 고려하여

$$\alpha(R_i) > kT_r$$

및

$$k = \beta \cdot (b_i - p)$$

로 변형된 형태를 적용하고자 한다. 이 때,  $k$ 는 소실점으로부터의 거리에 비례하는 값을 가지며,  $p$ 는 영상에서 얻어진 소실점의 위치를 나타내며,  $b_i$ 는  $R_i$ 의 복도 바닥과 접하는 위치이다.

3.2.3 모폴로지의 적용

모폴로지 연산자를 적용하는 주된 이유는 형태학적 필터링인 팽창과 침식 연산 등을 통해 객체의 형태를 매끄러운 형태로 만드는 데 있다. 본 논문에서는 얻어진 영역에 대해 닫힘연산을 통해 객체를 추출한다.

IV. 모의 실험

본 실험에서 사용되는 영상열은 그림 5와 같다 ( $352 \times 288$ ). 이 영상들을 대상으로 소실점을 구한 결과 대략적으로 (109, 189) 임을 확인할 수 있었다. 그림 6은 구해진 소실점을 나타낸 것이다.

그림 7, 8, 9는 약 300 프레임의 영상열에 대해서 처리된 결과이다. 그림 7은 2개의 객체(두 명의 보행자)를 검출하여 그 객체들의 화소의 개수를 나타낸 것이며 그림 8은 객체별 발의 위치를 구한 것이다. 그림 8에서 객체1(d1)의 경우 처음 약 30프레임은 아직 객체가 완전히 보이지 않기 때문에 얻어진 데이터는 의미가 없다. 마찬가지로 객체 2(d2)는 약 80프레임 이후부터 나타난다. 실제 객체가 나타난 이후부터 x-좌표값이 순차적으로 감소(소실점에 가까이 가는 경우)

하거나 증가(소실점에서 카메라에 가까이 이동하는 경우)한다. 그림 9는 각각의 경우 얻어진 객체에 대해 객체의 화소수를 디스플레이한 것이다. 그림 7과 8을 바탕으로 거리와 객체 크기의 비를 나타내는 파라미터  $r_i$ 를 얻을 수 있다. 즉,



그림 5. 실험에 사용된 영상열  
Fig. 5 Image sequence for simulations

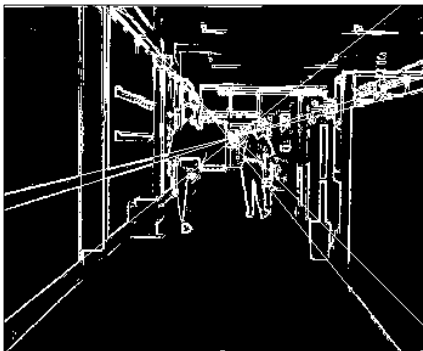


그림 6. 소실점  
Fig. 6 Vanishing point

$$r_i = \frac{\sqrt{R_i}}{d_i} \quad (7)$$

여기서 제곱근을 하는 이유는 화소의 개수는 면적을 의미한다. 그림 9에서 볼 수 있듯이  $r_i$ 는 매 프레임에 대해 거의 일정한 값을 가짐을 볼 수 있다.

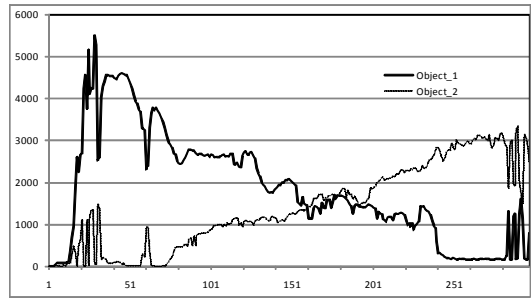


그림 7. 객체별 화소수  
Fig. 7 The number of pixels for objects

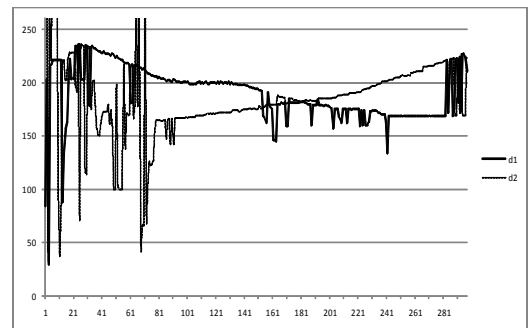


그림 8. 객체별 거리추정  
Fig. 8 Distance estimation for objects

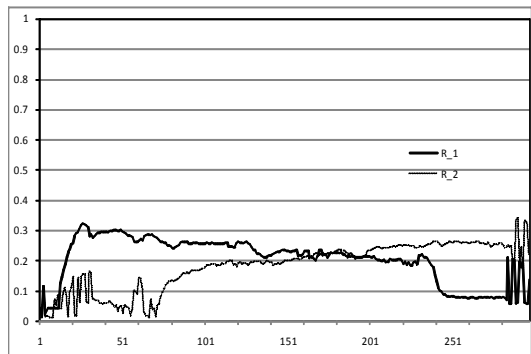


그림 9. 식 (7)의  $r_i$   
Fig. 9  $r_i$  of Eq. (7)

표 1은 객체별 거리를 구한 것이다. 여기서 거리는 소실점으로부터 거리인  $b_i - p$ 를 의미한다. 그림 10은 식 6의  $\beta$ 는 80으로 설정하였을 때 얻어지는 객체들을 보여준다.

표 1. 객체별 거리  
Table 1. Distance for objects

객체번호	최소점	최대점
객체1	169, 60	203, 94
객체2	165, 54	221, 112

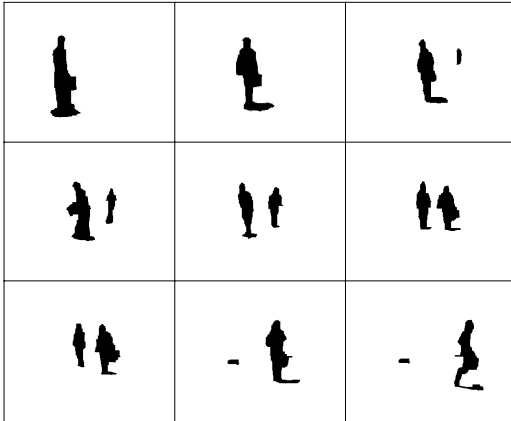


그림 10. 얻어진 객체  
Fig. 10 Obtained objects

### V. 결 론

본 논문에서는 소실점을 고려하여 객체를 효과적으로 추출할 수 있는 방법을 제안하였다. 소실점과 객체의 거리를 구하는 방법으로서 객체의 맨 아래쪽 좌표를 추출하는 방법을 제안하였다. 이는 보행자가 직립 상태로 이동한다고 가정한 결과이다. 이를 바탕으로 객체의 상대적 위치를 추정하고, 이를 통해 객체 추출할 때 문턱치를 적응적으로 설정할 수 있다.

### 참고 문헌

[1] 정양권, "3D 영상 기반에서 시각 및 청각 뇌 자극을 이용한 가상현실 건강치유기법에 관한 연구", 한국전자통신학회논문지, 제3권, 4호, pp. 233-239, 2008.  
[2] M. J. Magee and J. K. Aggarwal, "Determining vanishing points from perspective images", Computer Vision Graphics and Image

Processing, Vol. 26, pp. 256-267, 1984.  
[3] E. Lutten, H. Maitre, and J. Lopez-Krahe, "Contribution to the determination of vanishing points using Hough transform", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligent, Vol. 16, pp. 430-438, 1994.  
[4] B. Caprile and V. Torre, "Using vanishing points for camera calibration", International Journal of Computer Vision, Vol. 4, pp. 127-140, 1990.  
[5] Matessi, A., Lombardi, L., "Vanishing Point Detection in the Hough Transform Space", Proceedings of the International Euro-Par Conference, pp. 987-994, 1999.  
[6] Dae-Sik Jang, Hyung-Il Choi, "Active models for tracking moving objects", Pattern Recognition, Vol. 33, pp. 1135-1146, 2000.  
[7] Jefferery A. Shufelt, "Performance evaluation and analysis of vanishing point detection techniques", PAMI, Vol. 21, No. 3, pp. 282-288, 1999.

### 저자 소개



#### 김동욱(Dong-Wook Kim)

1987년 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 중앙대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1997년 청운대학교 전자공학과 전임강사

1998년 ~ 현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전