

논문 2004-41SP-6-17

# 반전 좌표계 영상 공간을 이용한 효과적 소실점 검출

## (Effective Detection of Vanishing Points Using Inverted Coordinate Image Space)

이 정 화\*, 서 경 석\*, 최 흥 문\*

(Jung-Hwa Lee, Kyung-Seok Seo, and Heung-Moon Choi)

### 요 약

본 논문에서는 반전 좌표계 영상 공간 (inverted-coordinate image space: ICIS)을 이용하여 유한 및 무한 소실점을 그 위치의 제약이나 카메라 보정 (calibration) 없이 효과적으로 검출하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 소실점 검출을 위한 무한 (unbounded) 누적 공간을 한정된 부공간 (bounded subspace)들로 분할 매핑하기 때문에 기존의 영상 공간 기반법과 달리 모든 영상에 대해 소량의 고정 메모리 요구량으로도 유, 무한 소실점을 모두 검출할 수 있다. 영상 공간을 누적 공간으로 이용하기 때문에 기존의 가우시안 구 (Gaussian sphere) 기반법이나 허프 공간 (Hough) 기반법과도 달리 카메라 보정이나 원 영상에 대한 정보 손실 없이 각 소실점들을 정확하게 추출할 수 있다. 제안한 방법을 다양한 건축 구조물 영상 (architectural images)에 적용시켜 유한 및 무한 소실점들을 효과적이고 정확하게 검출할 수 있음을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, Inverted Coordinates Image Space (ICIS) is proposed as a solution for the problem of the unbounded accumulator space in the automatic detection of the finite/infinite vanishing points in image space. Since the ICIS is based on the direct transformation from the image space, it does not lose any geometrical information from the original image and it does not require camera calibration as opposed to the Gaussian sphere based methods. Moreover, the proposed method can accurately detect both the finite and infinite vanishing points under a small fixed memory amount as opposed to the conventional image space based methods. Experiments are conducted on various real images in architectural environments to show the advantages of the proposed approach over conventional methods.

**Keywords :** Vanishing point detection, inverted-coordinates image space, bounded accumulator space

### I. 서 론

3차원 공간에서 평행한 직선들이 2차원 영상 좌표로 투영될 때 원근효과로 인해 나타나는 소실점은 3차원 영상의 깊이 (depth), 객체의 크기 (object dimension) 등과 더불어 영상의 3차원 구조를 추정할 수 있는 주요 불변 특징 (invariant features) 중의 하나이다. 소실점 정보는 객체의 3차원 복원 (reconstruction), 자세 추정 (pose estimation), 자동 항법 (navigation), 카메라 보정 등 컴퓨터 비전 분야에서 널리 활용되고 있으며 이를

자동 검출하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

일반적으로 건물과 같은 인공 구조물들이 포함된 영상에 다수 존재하는 수평 및 수직선들은 소실점 검출에 매우 중요한 특징들로서 이들 직선들의 2차원으로 투영될 때 생기는 교점들을 누적함으로써 소실점을 검출하는 방법들이 많이 연구되고 있다<sup>[1]</sup>. 소실점 검출 방법은 2차원 투영된 직선의 누적공간에 따라 크게 가우스 구 (Gaussian sphere) 기반법<sup>[2-4]</sup>과 허프 (Hough) 공간 기반법<sup>[5-6]</sup> 및 영상 공간 기반법<sup>[7-8]</sup> 등으로 나눌 수 있다.

Barnard<sup>[2]</sup>는 카메라의 광학 중심 (optical center)을 그 중심으로 하는 가우스 구에 영상 내의 직선들을 매핑 (mapping)시켜 구 상에서 가장 많이 누적되는 점을 소실점으로 검출하는 가우스 구 기반법을 제안하여 무

\* 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)  
접수일자: 2004년6월25일, 수정완료일: 2004년10월16일

한 누적 공간을 제한된 가우스 구 공간으로 변환함으로써 유한 및 무한 소실점들을 동일한 방식으로 구하고 계산상의 복잡도를 줄였다. 그러나 이 방법은 카메라의 광학 중심을 알아야 하기 때문에 카메라 보정이 된 영상에만 적용 가능하고, 누적 공간의 변환 과정에서 평면을 구로 투영하기 때문에 실공간에서의 직선이나 점들 간의 거리와 같은 중요 정보를 잃어버리는 단점이 있다<sup>[6]</sup>.

허프 공간 기반법에서는 영상에서의 직선이나 점을 허프 공간으로 매핑할 때 무한공간을 한정화 할 수 있기 때문에 한정된 누적 공간에서 소실점을 검출할 수 있다. Tuytelaars 등<sup>[6]</sup>은 연속 허프 변환을 위해 무한 매개변수 공간을 한정화하는 기법을 제안하여 각 레벨별 허프 공간에서 소실점과 소실선을 검출하였다. 그러나 허프 변환 과정에서 직선이 점으로 표현되므로 직선 간의 거리 등 원 영상에서의 정보를 보존할 수 없고 소실점의 이상적인 특징에 기반한 결정론적인 방법을 사용하기 때문에 복잡 배경에는 강건하지 못하다<sup>[7]</sup>.

반면 영상 공간 기반법에서는 별도의 공간 변환 없이 영상 자체와 그 확장공간을 누적공간으로 이용하여 소실점을 검출한다. Cantoni 등<sup>[7]</sup>은 극 매개변수 공간 (polar parameter space)을 누적 공간으로 사용하는 방법과 영상 공간을 그대로 사용하는 방법의 두 가지를 제안하여 정확하게 소실점을 찾아내고 있으나, 설정된 영상 누적 공간을 벗어나는 소실점들은 그 정확한 위치를 찾지 못하고 모두 무한 소실점으로 간주한다. 또한 Rother<sup>[8]</sup>는 영상공간을 누적 공간으로 사용하여 원 영상의 정보 손실 없이 소실점을 효과적으로 찾는 방법을 제안하고 있으나 카메라의 부분적 보정을 전제로 하고 있다.

이들 영상 공간 기반법은 카메라 보정과 같은 전제 조건 없이 소실점 검출이 가능하고, 공간 변환을 하지 않기 때문에 원 영상이 갖는 정보들을 잃지 않는 등의 장점을 갖는다. 그러나 소실점들이 미리 설정된 누적 공간 내에 존재하는 경우에만 정확한 위치를 얻을 수 있고, 유한 소실점들이라도 이 누적 공간을 벗어나는 소실점들은 무한 위치의 소실점과 더불어 모두 무한 소실점으로 간주해 버리기 때문에 정확도가 떨어진다. 모든 유한 소실점을 정확하게 계산하기 위해서는 누적 공간을 무한히 넓게 설정해야 하기 때문에 그에 따른 메모리 요구량이 상당히 커질 뿐 아니라 영상의 크기나 내용에 따라 가변적으로 결정되기 때문에 자동화에도 어려움이 있다.

따라서 카메라 보정이 요구되지 않고 원 영상의 정보 손실도 없으면서 메모리 요구량의 제약을 받지 않고 유한 및 무한 소실점들을 정확하게 추출할 수 있는 효과적인 소실점 검출 방법에 관한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 반전 좌표계 영상 공간을 제안 적용하여 무한 누적 공간을 이 한정된 반전 좌표계 부공간으로 분할 매핑함으로써 카메라 보정이나 원 영상의 정보 손실 없이 유한 및 무한 소실점들을 효과적으로 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 모든 영상에 동일하게 8 Mbyte의 추가 메모리만으로도 모든 유한 및 무한 소실점들을 정확하게 구할 수 있다. 직선 검출 과정에서 방향성 마스크 (directional mask)를 사용하여 소실점 검출의 정확도를 높였고, 직선 군집화 (clustering) 과정에서는 영상의 수평 및 수직선의 비율에 따라 기울기 히스토그램 방법과 수평/수직 군집화 방법을 선택적으로 적용함으로써 유한 및 무한 소실점의 위치와 개수에 관계없이 직선들을 군집화 할 수 있도록 하였다. 제안한 방법을 여러 가지 실험 영상에 적용하여 유한 및 무한 소실점을 효과적으로 검출할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

## II. 영상 공간 기반 소실점 검출

무한한 영상 공간을 한정 누적 공간으로 변환함으로써

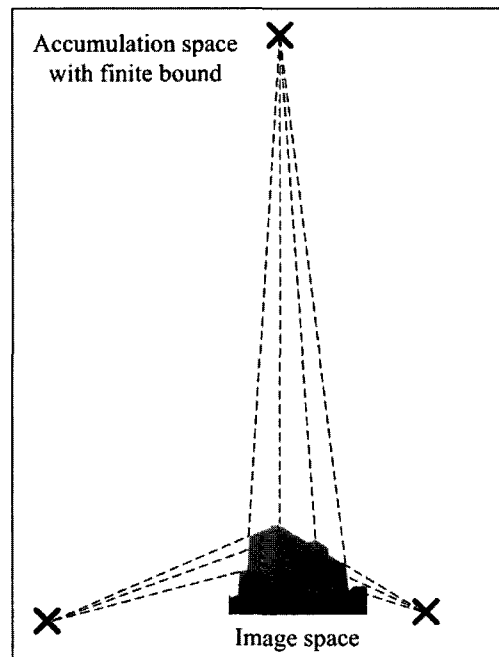


그림 1. 영상 공간 기반 소실점 검출  
Fig. 1. Image space based vanishing point detection.

써 발생하는 모든 단점들을 피하기 위해서 영상 공간 자체를 누적 공간으로 이용하는 영상 공간 기반법 [7-8]이 제안되었다. 영상 공간 기반법은 그림 1와 같이 별도의 공간 변환 없이 영상 좌표계를 그대로 누적 공간으로 사용한다. 그림에서 사용된 원 영상은 1200\*900의 크기이며 X표는 검출된 소실점을 나타낸다. 이 방법에서는 공간 변환 과정에서 소실되는 직선이나 점들 간의 거리를 보존할 수 있다. 그러나 설정된 영상 누적 공간을 벗어나는 유한 소실점이나 서로 평행한 직선에 의해서 발생하는 무한 소실점은 다루기 힘들며 영상의 크기와 내용에 따라 필요한 누적 공간의 크기가 가변적이고 경우에 따라 수백 Mbyte의 메모리가 필요할 수도 있다. 따라서 공간변환 과정으로 인한 영상의 정보손실을 막으면서 카메라 보정의 제약도 받지 않는 소실점 자동 검출 방식의 연구가 필요하다.

III. 반전 좌표계 영상 공간 기반 소실점 검출

제안한 소실점 검출 방식의 전체적인 흐름은 그림 2에서와 같이 먼저 입력 영상으로부터 직선을 검출하고 영상의 수평선과 비슷한 방향의 직선 개수  $N_h$ 와 수직선과 비슷한 방향의 직선 개수  $N_v$ 가 거의 같으면 수평/수직 직선 군집화를, 그렇지 않으면 기울기 히스토그램 군집화를 선택적으로 적용하여 주요 소실 방향으로 군집화 하였다. 그리고 이들 각 군집별 직선의 교차점을 반전 좌표계 영상 공간에 누적하여 가장 많이 누적된 점을 소실점으로 검출하였다.

1. 반전 좌표계 영상 공간

본 논문에서는 Tuytelaars 등[6]이 무한 매개변수 공간을 한정화하기 위해 사용한 공간 분할 및 재구성 방법을 영상공간에 도입하여 그림 3과 같이 무한 영상 공간을 매핑할 수 있는 한정된 반전 좌표계 변환을 제안하고 이를 소실점 검출에 이용하였다. 그림에서 보는 바와 같이 반전 좌표계 영상 공간에서는 무한한 영상 공간을 부공간\_1 ( $SP_1$ ), 부공간\_2 ( $SP_2$ ) 및 부공간\_3 ( $SP_3$ )의 세 영역으로 나눔으로써 원 영상 밖으로 벗어나는 점이나 무한 위치의 점들을 누적시킬 수 있도록 하였다.  $SP_1$ 은 원 영상의 내부 영역으로 영상의 실 좌표계를 그대로 사용하고,  $SP_2$ 는 영상의 x축으로 확장된 영역으로 반전 좌표계 (inverted-coordinate)를 사용하며,  $SP_3$ 는 영상의 y축으로 확장된 영역으로 반전 좌

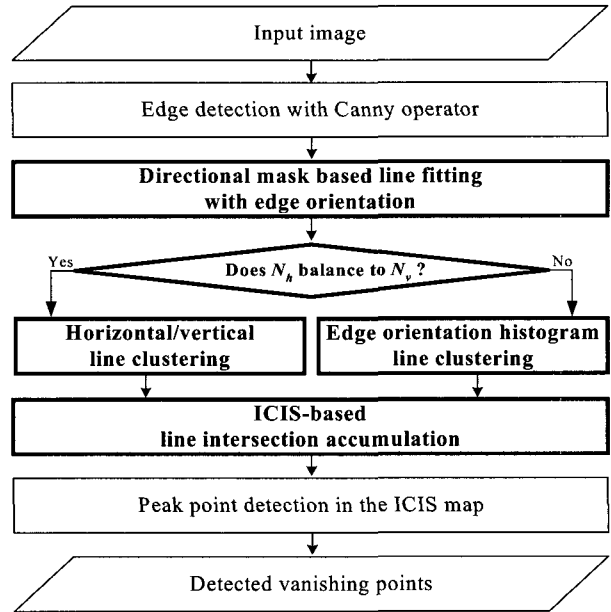


그림 2. 제안한 반전 좌표계 영상 공간 기반 소실점 검출의 흐름도

Fig. 2. Flow chart of the proposed vanishing point detection based on inverted-coordinate image space.

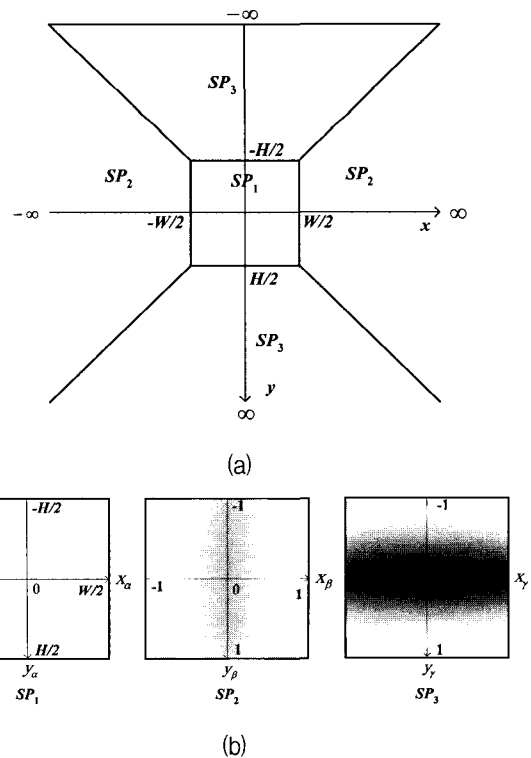


그림 3. (a) 무한 원 영상 공간 및 (b) 한정된 반전 좌표계 영상 공간

Fig. 3. (a) Original image space (unbounded) and (b) Inverted coordinates image space (bounded).

표계 (inverted -coordinate)를 사용한다. 따라서 영상 좌표계에서 무한대에 접근할수록 반전좌표계에서는 각

부공간의 중심으로 접근하는 매핑이 되어,  $x$ 축 및  $y$ 축 방향으로 무한대에 위치하는 교차점들을 한정된 공간 내에 누적시킬 수 있도록 하였다. 반전 좌표계 영상 공간에서  $SP_1$ 의 좌표계  $(x_\alpha, y_\alpha)$ 는 영상의 가로 및 세로를 각각  $W$  및  $H$  [pixels]라고 할 때,

$$(x_\alpha, y_\alpha) = (x, y), |x| \leq \frac{W}{2}, |y| \leq \frac{H}{2} \quad (1)$$

로 정의하였다. 여기서  $(x, y)$ 는 원 영상의 좌표계로서, 이 부공간은 주어진 원 영상 그 자체를 나타낸다,

$SP_2$ 의 좌표계  $(x_\beta, y_\beta)$ 는

$$(x_\beta, y_\beta) = \left( \frac{W}{2x}, \frac{Wy}{Hx} \right), |x| > \frac{W}{2}, y \leq \frac{H}{Wx} \quad (2)$$

로 정의하여  $x$  방향의 무한 위치까지를 유한 위치로 매핑할 수 있도록 하였다.

$SP_3$ 의 좌표계  $(x_\gamma, y_\gamma)$ 는

$$(x_\gamma, y_\gamma) = \left( \frac{H}{2y}, \frac{Hx}{Wy} \right), |x| > \frac{H}{2}, |y| > \frac{Hx}{W} \quad (3)$$

로 정의하여  $y$  방향의 무한 위치까지를 매핑할 수 있도록 하였다.

반전 좌표계 영상 공간을 구현하기 위해서는  $SP_1$ 에 원영상과 같은 크기의 메모리,  $SP_2$ 와  $SP_3$ 에 각각  $1000 \times 1000$ 개의 정수형 데이터, 즉 4 MByte의 메모리가 필요하다. 따라서 제안한 방법은 어떤 영상에 대해서도 8MByte의 추가 메모리만으로 구현이 가능하다.

반전 좌표계 영상 공간을 통해 무한한 누적 공간을 한정된 부공간으로 분할 매핑함으로써 무한 위치의 유한 소실점이나 무한 소실점을 영상 내부 공간과 두개의 부공간 내에서 모두 쉽게 구할 수 있다. 따라서 영상 누적 공간의 확장으로 인한 메모리 부족 문제나 메모리 요구량의 영상 의존도를 해결할 수 있다.

무한 공간을 한정된 반전 좌표계 영상 공간으로 매핑하는 과정에서 무한 누적 공간의 무한 위치로 갈수록 한정 부공간에서는 상대적으로 축소매핑 (contraction mapping)이 되기 때문에 오차가 커질 것으로 보인다. 그러나 이 오차를 분석해 보면  $N \times N$  크기의 영상에서 점  $p(x, y)$ 와 이를  $SP_2$ 로 매핑한 후 원 좌표로 복원시켰을 때의 점  $\hat{p}(\hat{x}, \hat{y})$ 와의 절대 오차 (absolute error)  $E$ 는

$$E = d(p, \hat{p}) = \sqrt{\left( \frac{0.002x}{N \pm 0.002x} \right)^2 + (0.001x)^2} \quad (4)$$

와 같이 구해지며, 여기서  $d(p, \hat{p})$ 는 두 점간의 거리이다.  $E$ 는 이와 같이  $y$  좌표의 영향이 사라지며, 이를 백분율 오차 (percentage error)  $E_p$ 로 보면

$$E_p = \frac{\sqrt{\left( \frac{0.002x}{N \pm 0.002x} \right)^2 + (0.001x)^2}}{\sqrt{x^2 + y^2}} * 100 \quad (5)$$

와 같이 나타난다.  $SP_2$ 에서는  $x$  좌표가 항상  $y$  좌표보다 크기 때문에  $x$  방향으로 무한 위치에 가까운 점들에 대한 접근 오차 (asymptotic error)를 분석해보면

$$\lim_{x \rightarrow \infty} E = O(x) \quad (6)$$

가 되어 무한 위치에 가까울수록 절대 접근 오차는  $O(x)$ 로 차이가 커 보이나, 그 백분율 접근 오차는

$$\lim_{x \rightarrow \infty} E_p = O(1) \quad (7)$$

가 되어  $x$  값이 증가해도 오차는  $O(1)$ 로 큰 변화가 없음을 알 수 있다.

$SP_3$ 도 같은 방식으로 해석을 할 수 있다.

## 2. 직선 검출 및 군집화

정확한 직선을 검출하기 위해서 먼저 입력영상에 캐니 연산자 (Canny operator)를 사용하여 에지를 얻은 후 비슷한 방향을 가지는 에지 화소들을 연결하여 직선의 후보들을 얻었다. 이 때 정확한 직선 검출을 위해 에지 방향 기반 방향성 마스크를 사용하였다. 방향성 마스크는 직선의 방향에 따라 변하는 유동적인 마스크로써 직선과 다른 방향을 가지는 에지 화소들의 영향을 줄이고 에지 방향으로의 검색을 확장하여 복잡한 과정 없이도 정확한 직선을 검출할 수 있게 한다. 직선으로부터 원점까지의 거리를  $l_i$ ,  $x$ 축과 이루는 각도를  $\theta_i$ 라고 할 때, 검출된 직선을

$$l_i = x \sin \theta_i + y \cos \theta_i \quad (8)$$

와 같이 정의하고, 이런 직선 후보들 중 영상 크기에 따라 일정 길이 이상의 직선들의 교점을 구하여 소실점

검출에 이용하였다.

검출된 직선들 간의 교점을 누적하기 전에 소실점의 오검출과 계산 복잡도를 줄이기 위하여 동일 소실점으로 향하는 직선들을 군집화하였다. 군집화에는 기울기 히스토그램 방법과 수평/수직 군집화 방법의 두 가지가 있다. 기울기 히스토그램 방법은 영상에서 검출된 직선의 기울기 히스토그램을 구하여 첨두치를 기준으로 직선들을 군집화하는 방법으로 인공적인 환경의 영상에서 직선 성분들의 방향이 주로 소실점을 향한다는 특징을 이용한 방법으로서, 이 방법은 영상의 중심 근처에 존재하는 한 개의 유한 소실점을 가지는 영상에는 적합하지 않다. 반면 수평/수직 군집화 방법은 기울기 히스토그램 방법의 단점은 보완할 수 있으나 영상의 두 방향 이상이 원근효과를 받는 경우 즉, 두 개 이상의 유한 소실점을 가지는 영상에는 적용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 인공적인 환경에서 비슷한 비율을 가지는 수평, 수직 직선들이 원근 효과에 의해 수평이나 수직의 성분을 잃게 된다는 점에 착안하여, 그림 2와 같이 직선 기울기의 수평, 수직성분 비율을 이용하여 각 영상의 유한 소실점의 여부 및 그 개수를 알아낸 후, 영상에 따라 수평/수직 군집화 방법과 기울기 히스토그램 방법을 선택적으로 적용하였다.

3. 반전 좌표계 영상 공간을 이용한 소실점 검출

군집화된 직선들로부터 각 군집별 직선들 간의 교점을 구한다. 교점  $(X_c, Y_c)$ 는 식(8)의 직선으로부터

$$\begin{matrix} X_c \\ Y_c \end{matrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{matrix} \sin\theta_j & -\sin\theta_i \\ -\cos\theta_j & \cos\theta_i \end{matrix} \begin{matrix} l_i \\ l_j \end{matrix} \quad (9)$$

와 같이 구하였다. 여기서  $\Delta$ 는

$$\Delta = \begin{matrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i \\ \cos\theta_j & \sin\theta_j \end{matrix} \neq 0 \quad (10)$$

와 같이 계산하여 교점이 발생하지 않는 경우는 계산 대상에서 제외하였다.

구해진 교점을 제안한 반전 좌표계 영상 공간에 누적하여 소실점의 후보를 만든다. 이때 인공적인 환경의 기하학적인 특성상 긴 직선일수록 소실 방향에 대한 신뢰성이 크므로 길이가 긴 두 직선의 교점일수록 큰 가중치를 주었다. 제안한 반전 좌표계 영상 공간은 영상 누적 공간의 무한성을 보완한 방법이므로 영상 밖에서 생기는 교점이나 무한 위치의 소실점까지도 좌표계 내에 누적시킬 수 있다. 한편, 소실점은 3차원 공간에서는

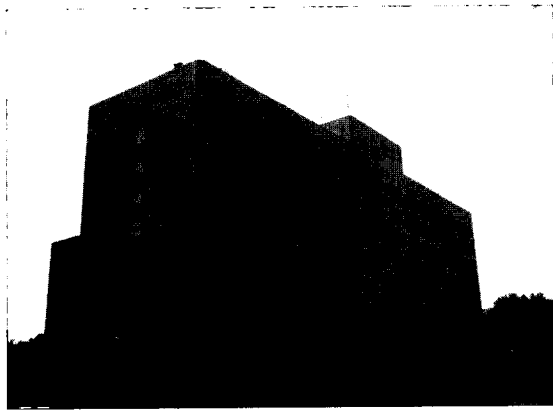
무한대에 존재하는 점이므로 2차원 영상 내에서 검출된 선분 상에는 위치할 수 없다. 따라서 소실점의 후보들 중 영상 내에서 검출된 선분 상에 있는 점들은 거짓 소실점으로 간주하여 제거하였다. 소실점의 정확한 위치를 찾기 위해 각 군집별로 직선의 교차점들을 반전 좌표계 영상 공간에 누적하고 그 최대점을 소실점으로 검출하였다.

IV. 실험 결과 및 고찰

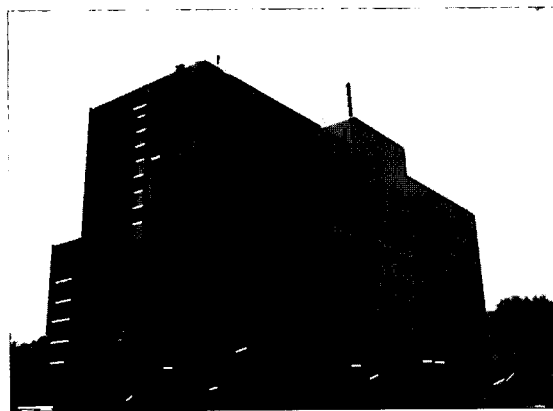
제안한 반전 좌표계 영상 공간을 적용하여 건물 등과 같은 인공적 환경의 실영상에 대해서 소실점 검출을 실험하였다. 이때 입력영상의 카메라에 대한 정보는 사용하지 않았다. 그림 4(a) 영상에서 직선을 검출하고 군집화한 결과를 그림 4(b)에서 나타내었다. 직선의 오검출 여부를 쉽게 확인할 수 있도록 입력 영상과 검출된 직선을 함께 표현하였고 각 군집별로 다른 색으로 표시하여 군집화 결과를 확인할 수 있도록 하였다. 여기서 얻은 직선의 교점을 제안한 반전 좌표계 영상 공간에 누적한 결과는 그림 4(c)와 같으며 가장 많이 누적된 점을 X로 표시하였다. 그림에서 직선의 검출과 군집화가 정확하게 이루어짐을 확인할 수 있고, 반전 좌표계의  $SP_2$ 와  $SP_3$ 에서 세 개의 소실점이 검출됨을 확인할 수 있다. 검출된 소실점의 정확한 위치는 표 1에서 나타내었다.

그림 5(a)에 대해서도 제안한 방법을 적용하여 그림 5(b), (c) 및 표 2의 결과를 얻었다. 검출된 소실점과 실 소실점 사이의 오차는 원점과 실 소실점의 거리에 대해서 두 소실점의 거리를 백분율로 나타내었다. 표 1과 표 2에서 보는 바와 같이 평균 0.64% 이내의 오차율로 정확하게 소실점을 검출함을 확인할 수 있고, 두 영상 모두 원영상 메모리 외에 두개의 부공간에 해당하는 8 Mbyte의 메모리만을 추가하여 소실점을 검출하였다.

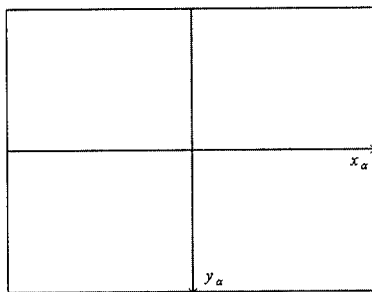
만약, 반전 좌표계로의 매핑을 하지 않는 기존의 영상 공간 기반법을 사용한다면, 그림 4(a) 및 5(a)에 대해서 8 Mbyte의 추가 메모리만 가지고 누적 공간을 설정하면 소실점들이 원 영상에서 멀리 떨어져 있기 때문에 모든 방향의 소실점들을 구하지 못하고 무한대로 간주해 버린다. 따라서 직선의 교점 누적을 위해 영상 누적 공간을 소실점의 예상 위치만큼 크게 설정해야 하며 이들 하나의 화소에 하나의 정수형 데이터를 할당하면 그림 4(a)의 경우는 최소 115 Mbyte, 그림 5(a)의 경우는 최소 27 Mbyte의 메모리를 필요로 한다. 표1과 표2



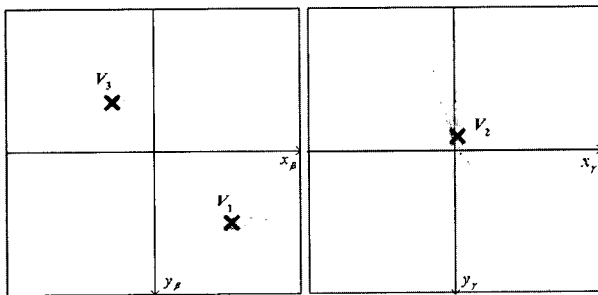
(a)



(b)



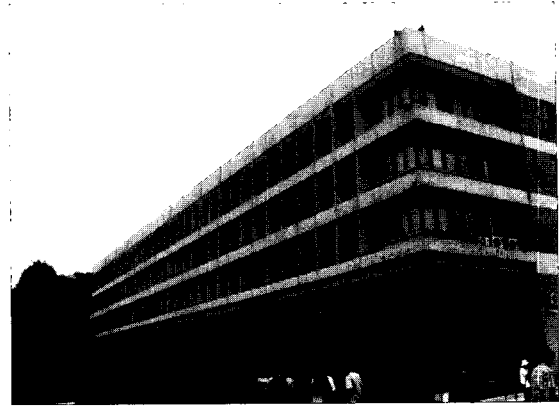
$SP_1$



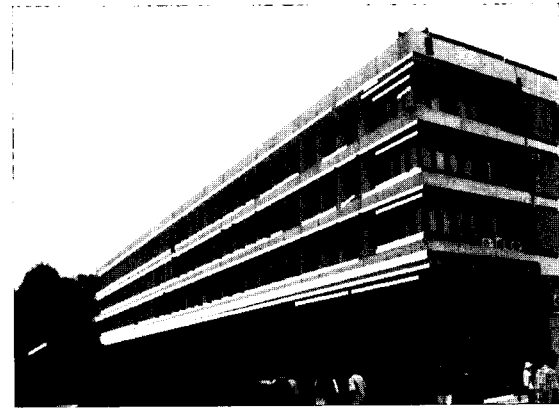
(c)

그림 4. (a) 3개의 소실점을 가지는 원 영상, (b) 직선 검출과 군집화, (c) 그림 (a)에 대해 제안한 반전 좌표계 영상 공간에서의 누적 결과

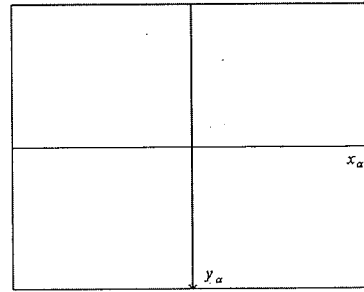
Fig. 4. (a) Original image with 3 vanishing points, (b) line detection and clustering, (c) results of the accumulation into the proposed inverted-coordinate image space for the image of (a).



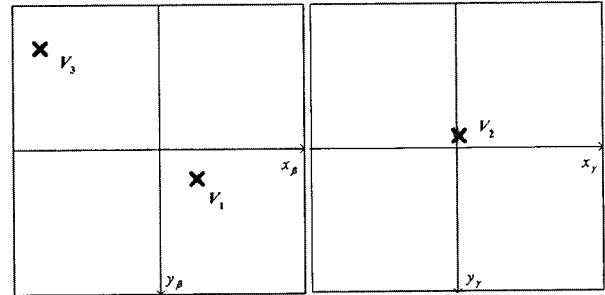
(a)



(b)



$SP_1$



(c)

그림 5. (a) 3개의 소실점을 가지는 원 영상, (b) 직선 검출과 직선의 군집화, (c) 그림 (a)에 대해 제안한 반전 좌표계 영상 공간에서의 누적 결과

Fig. 5. (a) Original image with 3 vanishing points, (b) line detection and clustering, (c) results of the accumulation into the proposed inverted-coordinate image space for the image of (a).

표 1. 그림 4의 영상에 대한 소실점 검출 비교;  $[v_1, v_2, v_3] = [(1711, 881), (478, -4118), (-1563, 995)]$

Table 1. Comparison of the vanishing points for the image of Fig. 4;  $[v_1, v_2, v_3] = [(1711, 881), (478, -4118), (-1563, 995)]$ .

Vanishing points \ Accumulator space		Conventional image space	Proposed ICIS
$v_1$	Position (x, y)	(1711, 875)	(1723, 874)
	Error [%]	0.3	0.7
$v_2$	Position (x, y)	(493, -4207)	(465, -4141)
	Error [%]	3.6	0.6
$v_3$	Position (x, y)	(-1596, 1012)	(-1589, 1014)
	Error [%]	3.3	1.7
Additional memory requirements [MBytes]		115	8

표 2. 그림 5의 영상에 대한 소실점 검출 비교;  $[v_1, v_2, v_3] = [(1533, 422), (281, -2700), (-75, 445)]$

Table 2. Comparison of the vanishing points for the image of Fig. 5;  $[v_1, v_2, v_3] = [(1533, 422), (281, -2700), (-75, 445)]$ .

Vanishing points \ Accumulator space		Conventional image space	Proposed ICIS
$v_1$	Position (x, y)	(1634, 450)	(1532, 421)
	Error [%]	6.5	0.08
$v_2$	Position (x, y)	(332, -2533)	(273, -2686)
	Error [%]	6.4	0.5
$v_3$	Position (x, y)	(-76, 447)	(-75, 446)
	Error [%]	0.4	0.2
Additional memory requirements [MBytes]		27	8

에 나타난 바와 같이 모든 소실점을 검출 할 수 있을 만큼 누적 공간을 확장한다 해도 기존의 영상 공간 기반법은 메모리 요구량이 크다는 문제점 외에 정확도도 떨어짐을 확인할 수 있다. 제안한 반전 좌표계 영상 공

간 기반 방법은 좌표계 변환을 통해 이를 해결함으로써 부공간 두개의 추가만으로도 정확한 소실점 검출 결과를 얻을 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 소실점을 그 위치의 제약이나 카메라 보정 없이 정확하게 자동 검출할 수 있도록 반전 좌표계 영상 공간을 제안하여 유한 및 무한 소실점을 함께 검출하였다. 제안한 방법에서는 영상 좌표를 기반으로 한 한정된 누적 공간을 활용함으로써 원 영상의 정보손실이 없으면서 카메라 보정 등 영상의 사전정보 없이 유한 및 무한 소실점을 검출할 수 있다. 무한 누적 공간을 한정된 부공간으로 분할 매핑함으로써 기존의 영상 공간 기반법과는 달리 소량의 일정한 메모리 요구량만으로도 유한 및 무한 소실점을 모두를 정보의 손실 없이 효과적이고도 정확하게 검출할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다. 제안한 방법은 제한 조건없이도 정확하게 유한 및 무한 소실점을 검출함으로써 정확한 소실점 정보를 필요로 하는 영상 기반 3차원 영상 재구성이나 자세 추정 등에 유용하게 이용될 수 있으며 카메라 보정에도 응용될 수 있을 것으로 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Straforini, C. Coelho, and M. Campani, "Extraction of Vanishing Points from Images of Indoor and Outdoor Scenes," *Image and Vision Computing*, vol. 11, pp. 91-99, 1993.
- [2] S. T. Barnard, "Interpreting Perspective Images," *Artificial Intelligence*, vol. 21, pp.435-462 1983.
- [3] L. Quan, R. Mohr, "Determining Perspective Structures Using Hierarchical Hough Transform," *Pattern Recog. Lett.*, vol. 9, pp. 279-286, 1989.
- [4] M. J. Magee and J. K. Aggarwal, "Determining Vanishing Points from Perspective Images," *Computer Vision & Graphics & Image Proc.*, vol. 26, pp. 256-267, 1984.
- [5] H. Nakatami, S. Kimura, and O. Saito, "Extraction of vanishing point and its application to scene analysis based on image sequence," *ICPR*, pp. 370-372, Miami, U.S.A., Dec. 1980.
- [6] T. Tuytelaars, L. V. Gool, M. Proesmans, and T. Moons, "The Cascaded Hough Transform as an Aid in Aerial Image Interpretation," *ICCV'98*, pp. 67-72, Bombay, India, Jan. 1998.
- [7] V. Cantoni, L. Lombardi, M. Porta, and N. Sicard,

"Vanishing Point Detection: Representation Analysis and New Approaches," *ICIAP'2001*, pp. 90-94, Palermo, Italy, Sept. 2001.

- [8] C. Rother, "A new Approach to Vanishing Point Detection in Architectural Environments," *Image & Vision Computing*, vol. 20, pp. 647-655, 2002.

---

저 자 소 개

---



이 정 화(정회원)  
 2002년 경북대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 2004년 경북대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 <주관심분야: 컴퓨터 비전, 영상  
 처리, 자동 시각 검사·인식>

서 경 석(정회원)

제38권 SP편 3호 참조

최 흥 문(정회원)

제38권 SP편 3호 참조