

기하학 정보와 객체 추출을 통한 실시간 높이 측정

정회원 김 종 수*, 김 태 용*, 최 종 수*

The Real-Time Height Measurement through a Geometry Information and Object Extraction

Jong-Su Kim*, Tae-Yong Kim*, Jong-Soo Choi*

요 약

본 논문에서는 영상의 기하학 정보를 이용하여 기저 평면에서 움직이는 객체의 높이를 자동으로 측정하는 알고리즘을 제안한다. 기존의 알고리즘은 설정된 위치에서 이동하는 객체의 높이를 각 프레임 마다 사용자 입력을 통해 측정하여 실시간에 이용할 수 없는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해, 입력 영상에서 움직임 객체의 영역을 추출하여 객체의 높이를 자동으로 측정한다. 입력 영상에서 픽셀 정보와 시간적인 정보를 이용하여 움직임 객체를 추출하고 반복적인 계산을 통해 실제와 근소한 객체의 바다점과 높이점을 추출한다. 이 두 점 사이의 높이 계산은 기하학정보인 소실점(Vanishing point), 소실선(Vanishing line)과의 계산을 통해 이루어진다. 측정된 높이는 신뢰도 평가를 통해, 모의실험에서 실제 높이와 유사한 결과를 확인하였다.

Key Words : Height Measurement; Geometry Information; Object Extraction

ABSTRACT

In this paper, we propose the algorithm that automatically measures the height of the object to move on the base plane by using the geometric information. To extract a moving object from real-time images creates the background image and each pixel is modeled by the three values. The extracted region is represented by cardboard model and calculates the coordinate center in the each part. The top and bottom point of an object are extracted by the calculated coordinate center and an iterative computation. The two points, top and bottom, are used for measuring the height. Given the vanishing line of the ground plane, the vertical vanishing point, and at least one reference height in the scene; then the height of any point from the ground may be computed by specifying the image of the point and the image of the vertical intersection with the ground plane at that point. Through a confidence valuation of the height to be measured, we confirmed similar actual height and result in the simulation experiment.

1. 서론

소실점과 소실선은 매우 강력한 기하학적 단서이다. 이것들은 선들의 방향성과 평면들의 방위에 대한 많은 정보를 전달한다. 이러한 소실선과 소실점은 카메라와 장면 시점과의 명백한 기하학적 지식 없이 이미 지로부터 직접적으로 계산할 수 있다. 때로 이러한

소실점과 소실선은 이미지 밖에 놓일 수 있으나 높이 계산에는 아무런 영향을 미치지 않는다 [1][2][3]. 카메라를 통해 입력된 영상은 두 점들간의 거리가 보존되지 않으며 두 직선 사이의 각도 달라진다. 하지만 소실점과 소실선의 기하학 정보와 기준 높이를 알면 영상내의 기저 평면으로부터 어떤 높이에 있는 점 사이의 거리는 계산 될 수 있다. 건물이나 객체의 높

* 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 영상정보 연구실(hermes@imagelab.cau.ac.kr)

논문번호 : 030168-0424, 접수일자 : 2003년 4월 28일

※본 연구는 과기부의 국가지정연구실(2000-N-NL-01-C-285)과 교육부의 두뇌한국 21 사업(BK21)의 연구지원으로 수행되었습니다.

이 측정을 위한 기존 연구[1]에서는, 시퀀스 영상의 각 프레임에서 머리부분의 상위점과 하위점을 선택하여 높이를 측정하였다. 본 논문에서는 이러한 인위적인 방법을 배제하고 3개의 소실점과 객체 추출 방법을 통해 움직임 객체의 높이를 계산하고자 한다.

본 논문에서는 움직임 객체를 추출하기 위해, 일정 시간동안 각 픽셀을 모델링[9]하고 프레임 사이의 평균값으로 배경을 생성하여 움직임 영상을 추출한다. 추출된 영상에서 잡음을 제거하기 위해 형태학적 연산을 수행하고, 사람의 형태를 나타내기 위해, 얻어진 영상에 카드보드모델(Cardboard model)[10]을 적용한다. 다음으로 객체의 높이점과 바닥점을 구하기 위해, 카드보드모델의 각 부분에서 중심 y 축을 구한다. 머리 부분에서 중심 y 축과 만나는 윤곽선 위의 점을 초기 높이점으로 설정하고, 다리부분의 무게중심 y 축을 중심으로 양쪽 부분의 최저 점을 선택한다. 이 두 점을 연결하는 직선 위의 점에서 높이 계산을 통해, 이전 프레임에서 계산된 높이와 최소 오차를 갖는 점을 바닥점으로 한다. 이때 바닥점과 초기 높이점을 연결하는 직선이 수직소실점과 만나지 않은 경우, 측정된 높이는 신뢰할 수 없는 값이 된다. 이를 해결하기 위해, 바닥점과 수직소실점을 연결하는 선과 머리부분의 윤곽선이 만나는 새로운 높이점을 구한다. 새로운 높이점과 바닥점으로 높이를 계산하고, 측정된 높이의 신뢰도 필터를 통해 최종 움직임 객체의 높이를 유도한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 영상의 기하학 정보인 소실점과 소실선의 정보를 통해 높이 계산식을 유도하고, 3장에서는 제한한 움직임 객체 추출 방법과 움직임 객체의 높이점과 바닥점을 추출하기 위한 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 실험결과를 보이고 5장에서 결론을 맺는다. 그림 1은 전체 시스템의 처리 과정을 보여주고 있다.

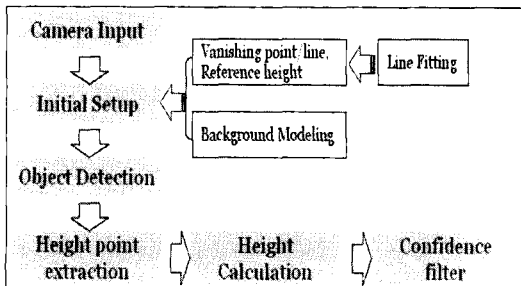


그림 1. 시스템 블록도
Figure 1. System block diagram

II. 영상의 기하학 정보

1. 카메라 투영 모델

카메라의 가장 일반적인 기하학적 모델은 그림 2와 같은 원근 또는 핀홀 모델이다. 이 모델은 영상 평면 Π 와 투영 중심 C 로 구성된다. Π 와 C 사이의 거리를 초점거리 f , C 를 지나고 Π 에 수직인 직선을 광축이라 한다. 이 광축과 Π 의 교차점 C' 를 영상 중심이라 한다. 그림 2에서 m 는 M 과 C 를 지나고 영상 평면 Π 와 교차하는 점이다. Π 가 중심이고 평면 Π 가 Z 축에 수직인 3차원 기준 프레임을 고려하고, $M=[X,Y,Z]^T$ 이고 $m=[u,v,z]^T$ 라고 하면, 식 (1)과 같은 원근 투영 방정식을 유도할 수 있다.

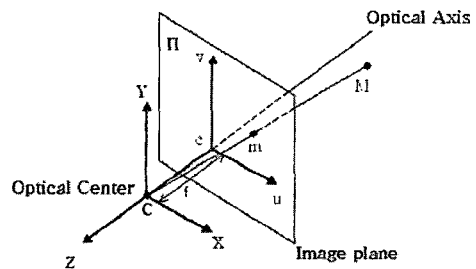


그림 2. 원근 투영 카메라 모델
Figure 2. The perspective camera model

$$u = f \frac{X}{Z}, v = f \frac{Y}{Z} \quad (1)$$

식(1)은 $1/Z$ 때문에 비선형 방정식이다. 따라서 두 점들 간의 거리는 보존되지 않으며, 마찬가지로 두 직선사이의 각도 역시 달라진다. 따라서 카메라를 통해 입력된 영상에서 높이를 측정하기 위해서는 소실점과 소실선의 기하학 정보를 이용해야 한다.

2. 소실점과 소실선

핀홀 모델 카메라에 투영된 이미지는 소실점과 소실선을 생성하게 된다. 소실점은 실세계의 평행한 선들이 무한 평면에 맺히는 점으로, 이러한 소실점은 카메라의 방향 정보를 제공한다 [11][12]. 실세계의 평행한 면들은 무한평면에서 선들로 교차되는데, 이 선들을 소실선이라 부른다. 소실선은 소실점들의 집합으로 이루어진다 [11][12].

그림 3(a)은 소실점의 형성을 나타내고 있다. 여기서는 소실점이 이미지 영역에서 형성되고 있으나 이미지를 벗어난 부분에 형성(그림 5)될 수도 있다

[1][2][3]. 그림 3(b)는 소실선의 형성을 보여주고 있다.

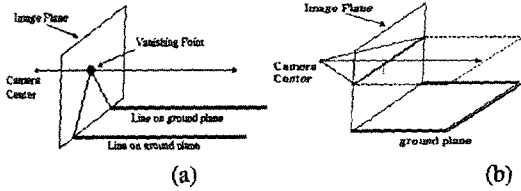


그림 3. 소실점과 소실선 형성

Figure 3. Formation of the vanishing point and the vanishing line.

3. 소실점의 계산

실세계에서의 평행한 선들은 각각 소실점에서 교차한다. 따라서 소실점은 적어도 2개 이상의 선들로 정의된다. 소실점은 실세계에서 서로 평행한 선들의 벡터 곱을 통해서 계산할 수 있다. 사영공간에서 두 직선 $l_1 = [a_1, b_1, c_1]^T$, $l_2 = [a_2, b_2, c_2]^T$ 의 교점은 $l_1 \wedge l_2 = l_1 \times l_2$ 이다 [1][2][3][11][12].

4. 소실선의 계산과 높이 계산

입력 영상에서 동일 평면의 평행한 선들은 각각 소실선 위의 점들에서 교차한다. 그러므로 2개 이상의 선들은 평면 소실선을 정의하는데 충분하다. 사영공간에서 두 점 (n_1, n_2) 을 지나는 직선의 소실선은 벡터 곱

$$n_1 \vee n_2 = n_1 \times n_2 = \begin{bmatrix} 0 & z_1 & -y_1 \\ -z_1 & 0 & x_1 \\ y_1 & -x_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

로 표시된다 [11]. 그러므로 평면에 대한 소실선을 찾기 위해, 평면에 대한 두 소실점을 벡터 곱으로 나타낼 수 있다.

계산된 소실점과 소실선을 이용하면, 수식 (3)으로 영상에서 점 i (그림 4)를 계산할 수 있다 [1].

$$i = (p \times b) \times (t \times (l \times (b_r \times b))) \quad (3)$$

여기서 l 은 평면의 소실선이고 b_r 과 t_r 은 기준 높이의 바닥점과 높이점이며, h_r 은 b_r 과 t_r 사이의 실제 높이이다. i 점은 b 점 위치에서 기준높이 h_r 과 같은 높이의 점이다. t 와 b 는 각각 측정할 높이의 높이점과 바닥점이고 p 점은 수직 소실점의 위치이다. 영상에서 기저 평면과 수직인 선들은 모두 수직 소실점인 p 점에서 만나게 된다. 또한, 그림 4와 같이 네 점 p, i, t, b 는 동일선상에 놓이게 된다. b 와 i 사이의 거리는 h_r 과 같으므로 b 와 i 로 표시되는 알고자 하는 사람의 높이 좌표를 안다면, b 와 t 사이 즉, 추출된 사람의 높이 h 를 구할 수 있다. 그것은 다음의 2×2 선 대응

상동관계(line-to-line homography)에 의해 계산된다 [1].

$$\begin{pmatrix} x_w \\ 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} x_i \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

여기서, x_i 는 이미지 위치, x_w 는 실세계 위치를 나타내며 H 는 2×2 상동관계 매트릭스(homography matrix)로써 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H = \begin{pmatrix} h_r(d(p, b) - d(i, b)) & 0 \\ -d(i, b) & d(p, b)d(i, b) \end{pmatrix} \quad (5)$$

여기서, $d(a, b)$ 는 a 와 b 사이의 거리를 나타낸다. 이로부터 추출된 영역의 높이는 2-벡터 S 의 구성 요소인 S_1 그리고 S_2 에 의해서 높이를 계산할 수 있다. 이때, $S = H \begin{pmatrix} d(t, b) \\ 1 \end{pmatrix}$, $h = \frac{S_1}{S_2}$ 이다. 즉,

$$h = h_r \frac{d(t, b)(d(p, b) - d(i, b))}{d(i, b)(d(p, b) - d(t, b))} \quad (6)$$

와 같은 수식에 의해 높이를 계산할 수 있다 [1].

그림 4는 높이 측정을 위한 사영기하학을 그림으로 나타낸 것이고, 그림 5는 실제 입력 영상에서 평면에 평행한 선들을 통해 이미지 밖에 생성된 소실점과 소실선을 보여주고 있다. 이러한 소실점과 소실선은 초기 입력영상에서 마우스 입력과 선 정합(Line fitting)을 이용하여 구한다.

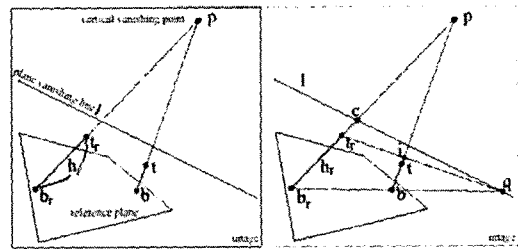


그림 4. 높이 측정을 위한 사영기하학

Figure 4. The projective geometry for the height measurement

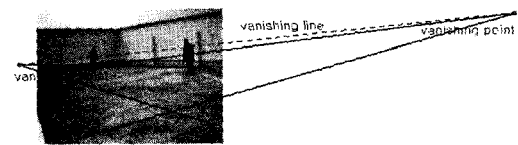


그림 5. 영상에서의 소실선과 소실점의 계산

Figure 5. The vanishing points and the vanishing line on the image

III. 객체 추출과 높이점 추출

1. 움직임 객체 추출

실시간에 이용되는 가장 간단한 움직임 객체 추출 방법은 프레임 사이의 차나 기준영상과 입력영상의 차를 이용하는 것이다 [6][7][8]. 프레임 사이의 차를 이용하는 방법은 프레임들에서 발생할 수 있는 작은 의사 변화에 유리하지만 짧은 시간간격의 프레임 사이에서 움직임 객체의 일부분만 강조되거나 짧은 시간의 주기 동안 멈추어 있는 객체들이 검출되지 않아 사라지는 경우가 발생하게 되는 단점이 있다. 기준영상과 입력영상의 차를 이용하는 방법은 가장 많이 사용하는 일반적인 방법이지만 점진적인 조명 변화에 민감하다. 움직임 객체를 추출하기 위한 다른 방법으로 배경을 생성하는 방법이 있다. 배경을 생성하는 방법에는 중간값 필터[4]와 최소 중간 자승값[5]을 추정하는 방법이 있으나, 이와 같은 방법들은 일정 시간동안 각 픽셀의 값들을 저장하고 처리해야 되기 때문에 처리시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

본 논문에서는 배경을 생성하는 방법과 프레임 사이의 차를 이용하는 방법을 조합하여 사용한다. 일반적으로, 정지된 카메라를 이용하여 영상내의 움직임 객체를 추출하는 단계는 문턱치, 잡음 제거, 모폴로지 연산의 과정으로 이루어진다. 문턱치 처리를 하기 위해, 수식 (7)에서 계산된 배경영상과 수식 (8)에서 계산된 모델링 값들[9]을 이용한다. 배경영상은, 수식 (9)와 같이, 일정 시간(tr) 동안 각 픽셀의 평균값으로 생성한다. 또한, 각 픽셀은, 수식 (8)과 같이, 최대값 (M)과 최소값(N), 프레임사이의 최대 변화값(D)으로 모델링한다 [9].

$$B(x, y) = \frac{1}{tr} \sum_{t=1}^{tr} I(x, y) \quad (7)$$

$$M(x, y) = \underset{(1 \leq t \leq tr)}{\text{Max}} (I_t(x, y))$$

$$N(x, y) = \underset{(1 \leq t \leq tr)}{\text{Min}} (I_t(x, y)) \quad (8)$$

$$D(x, y) = \underset{(2 \leq t \leq tr)}{\text{Min}} (|I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)|)$$

배경 영상과 모델링 값들은 갱신되어 입력 영상의 점진적인 변화에도 움직임 객체를 추출할 수 있다. 이때 객체 부분을 제외한 부분만 갱신하게 된다. 움직임 픽셀($Rth(x,y)$)은, 생성된 배경영상 $B(x,y)$ 와 모델링 된 각각의 값들에 의해, 아래 수식과 같이 문턱치

화 되어 추출된다. 이때, 모델링 값만으로 문턱치화[9] 할 경우, 객체의 많은 부분이 손실되기 때문에 생성한 배경 영상 $B(x,y)$ 을 문턱치에 사용한다.

$$R_{th}(x, y) = 255, \text{ if } \begin{cases} |M(x, y) - I(x, y)| > D(x, y)OR \\ |N(x, y) - I(x, y)| > D(x, y)OR \\ |B(x, y) - I(x, y)| > |M(x, y) - N(x, y)| \end{cases} \quad (9)$$

$$R_{th}(x, y) = 0, \text{ Otherwise}$$

문턱치화 되어 추출된 영역은 잡음을 포함하고 있기 때문에, 형태학적 침식 연산을 통해 작은 잡음 성분을 제거하였다. 이를 통해 얻어진 영상에서 형태학적 열림 연산 과정을 통해 움직임 객체 영역을 추출한다.[13] 추출된 움직임 객체의 실루엣 영상과 객체의 윤곽선을 그림 6에서 보여주고 있다.

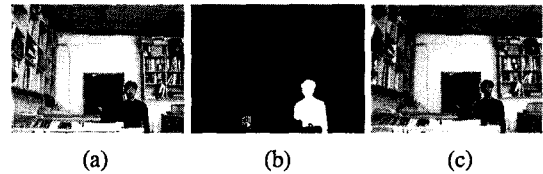


그림 6. 움직임 객체 추출
(a) 입력 영상 (b) 추출된 객체의 영역
(c) 객체의 윤곽선 추출

Figure 6. The extraction of the moving object
(a) Input (b) The extracted an object region
(c) The extraction of boundary

2. 바닥점과 높이점 추출

기하학 정보를 이용하여 움직임 객체의 높이를 계산하기 위해, 객체의 두 점(b, t)을 추출해야 한다. 만약, b 점을 먼저 추출하게 되면, t 점은 b 점과 수직 소실점 p 를 연결하는 직선상에서 쉽게 추출할 수 있다. 하지만 영상에서 정확한 바닥점 b 를 추출하는 것은, 노이즈나 그림자 같은 요소들 때문에, 매우 힘들다. 따라서 본 논문에서는 아래와 같은 단계를 걸쳐 두 점을 추출한다.

1) 객체 표현과 초기 높이점

바닥점과 높이점을 추출하기 위해, 먼저 초기 높이점을 추출한다. 이를 위해, 추출된 객체의 실루엣 영상에 카드보드모델(Cardboard model)을 적용한다. 카드보드모델(Cardboard model)은 사람의 형태를 표현하는 것으로, 머리 부분은 추출된 전체 영역의 1/6, 몸통 부분은 2.5/6, 다리부분은 2.5/6 으로 나누어 표현한다 [10]. 이렇게 표현된 각 부분에서, 추출된 실루엣 영상의 무게중심축을 구한다. 초기 높이점(t_0)은 머리 부분의 무게중심 y 축과 움직임 객체의 윤곽선이 만나는 점이 된다 (그림 7(c)).

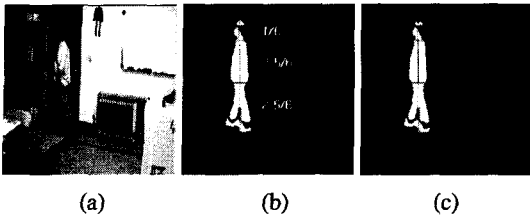


그림 7. 카드보드(Cardboard model) 표현과 초기 높이점 추출
 (a) 입력 영상 (b) Cardboard 표현
 (c) 중심축과 초기 높이점 추출

Figure 7. The expression of the Cardboard model and the extraction of an initial top point

- (a) Input image
- (b) The representation of the moving region using Cardboard model
- (c) The center axes and an initial top point

2) 바닥점 추출

임의의 좌표에서 정확한 객체의 높이를 측정하기 위해서는, 객체가 있는 기저평면 상의 정확한 바닥점 b 를 선택하여야 한다. 바닥점에 의해 소실선과 만나는 q 점이 선택(그림 5)되기 때문에, 작은 변화에도 큰 오차를 발생시킬 수 있다.

본 논문에서는 후보 바닥점들을 이용하여 정확한 바닥점을 추출한다. 후보점들은 카드보드모델(Cardboard model)의 다리부분에서 구해진다. 먼저, 다리 부분의 무게중심축을 이용하여 좌, 우 두 영역으로 나눈다. 그런 후에, 두 영역에서, 추출된 실루엣 영상의 최저점들($x1, x2$)을 구한다. 후보점들은 이 두 점을 연결하는 직선(그림 8(b)) 위의 점이 된다. 후보점들이 계산되면, 바닥점을 추출하기 위해, 각각의 후보점들과 초기 높이점(t_i) 사이의 높이를 계산한다. 바닥점은, 수식 (10)에 의해, 이전 프레임에서 구한 높이값과 최소 오차를 갖는 후보점이 된다 (그림 8(c)).

$$b = \left\{ n \mid \min_{(x1 \leq n \leq x2)} \left| h_t(n) - H_{t-1} \right| \right\} \quad (10)$$

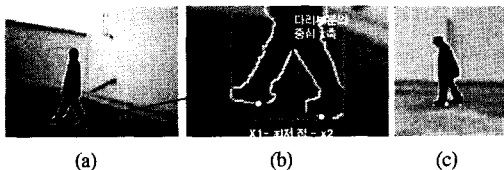


그림 8. 바닥점(b점) 추출
 (a) 움직임 영역에서 $x1, x2$ 추출
 (b) 바닥점 추출을 위한 후보점들
 (c) 바닥점 추출 결과

Figure 8. Bottom point extraction (b point)
 (a) The $x1$ and $x2$ extraction in the moving region
 (b) The candidate points for the bottom point extraction
 (c) A result of the bottom point extraction

3) 높이점 추출

움직임 객체의 정확한 높이를 측정하기 위해서는 객체의 바닥점과 높이점이 이루는 직선이 수직소실점을 지나야 한다. 즉, 움직임 객체가 기저 평면상에 수직으로 이동할 때, 정확한 높이를 측정할 수 있다. 상체를 구부리거나 고개를 떨구었을 때, 측정된 높이는 객체의 정확한 높이라고 할 수 없다. 그러므로, 초기 높이점 t_i 을 이용하여 추출된 높이값은 그림 9에서 나타난 것과 같이 객체의 정확한 높이라고 할 수 없다. 초기 높이점 t_i 와 바닥점 b 를 연결하는 직선 $L1$ 은 수직 소실점과 만나지 않기 때문에, t_i 와 b 를 이용하여 측정된 높이는 객체의 정확한 높이가 아니다. 따라서 실제 높이점(t)은 계산된 바닥점 b 와 수직소실점 p 를 연결하는 직선 $L2$ 와 머리 부분에서 객체의 윤곽선과 만나는 점이 된다. 이때, 직선 $L2$ 와 만나는 머리부분의 윤곽선이 없을 경우에는 초기 t_i 점을 높이점(t)으로 하였다.

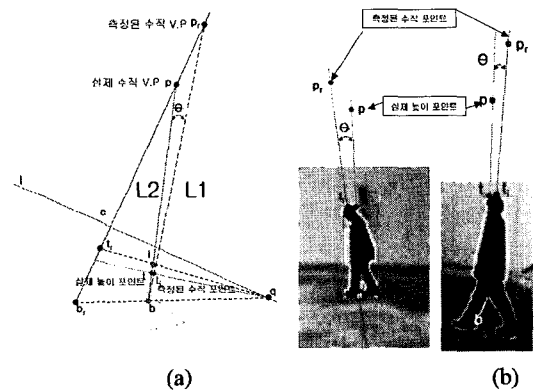


그림 9. 높이점 추출 및 신뢰도 파라미터 추출
 (a) 높이점(t) 추출 및 θ 추출
 (b) 실제 영상에서의 예

Figure 9. Extraction of the top point(t) and an accuracy(θ) parameter
 (a) The top point(t) and an θ parameter in the projective geometry
 (b) The examples in the images

3. 높이값 보정

위에서 구한 객체의 바닥점 b 와 높이점 t_i 로, 수식 (8)에 의해, 움직임 객체의 높이를 구한다. 하지만, 그림 9(b)에 나타난 것과 같이, 허리를 구부리거나 머리를 숙인 경우에 계산된 높이값은 신뢰할 수 없다. 또한, 직선 $L2$ 와 만나는 머리부분의 윤곽선이 없을 경우에 초기 높이점을 사용함에 따라 신뢰할 수 없는 높이 결과 값을 가지게 된다. 본 논문에서는 이를 해결하고자 그림 9(a)에 나타난 것과 같이, 직선 $L1$ 과

L2사이의 각 θ 를 이용한다. 만약, 움직임 객체가 기저 평면에 수직으로 이동중이라면, θ 는 작은 값을 가질 것이고, 다른 경우라면, 큰 값을 가지게 된다(그림 10). θ 는 각 프레임에서 구한 높이값의 신뢰도를 나타내게 된다. 따라서 θ 를 적용하기 위해, t 시간 동안의 이전 프레임에서 구한 θ 중에 가장 작은 값을 갖는 프레임의 높이값을 평균값으로 하여, t 시간 동안의 높이값을 가우시안 함수로 필터링한다. 그림 11에서는 시간에 따른 θ 의 변화를 보여주고 있다.



(a) (b) 그림 10. θ 측정

(a) θ 가 큰 경우 (b) θ 가 작은 경우
Figure 10. θ calculation
(a) When θ is large (b) When θ is small

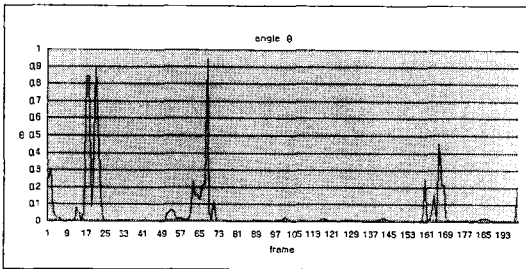
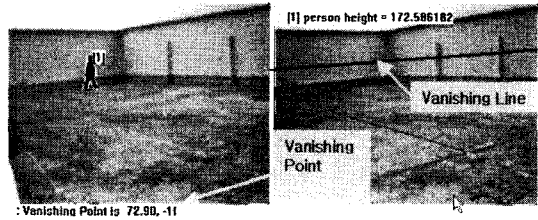


그림 11. 각 프레임에서 θ 값의 변화
Figure 11. The variation of angle in the sequence frames

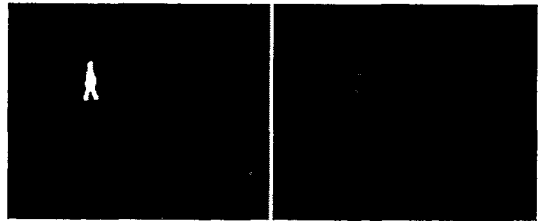
IV. 실험 결과

제안된 알고리즘의 모의실험은 개인용 컴퓨터와 PC-Camera를 사용하였다. 본 논문에서는 보정되지 않은 카메라 영상을 대상으로 하였고 실험 영상은 320 × 240의 영상을 사용하였다. 카메라의 방향은 수직소실점이 너무 가까이 위치하지 않도록 설치하였다. 수직소실점이 기저 평면에서 가까운 곳에 위치하게 되면 측정된 높이 값의 변화가 크기 때문이다. 높이 측정 객체는, 그림 12와 같이, 영상 내 기저 평면에서 임의의 위치를 이동한다. 그림 12에서는 단일 객체가 입력된 경우, 처리되는 과정과 그 결과를 보여주고 있다. 그림 13은 단일 객체일 때, 신뢰도 필터를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 결과이다. 오차의 범위가 적용하지 않은 경우보다 개선되었음을 알 수 있다. 이때, 실제 객체의 높이는

약 175.4cm이다.



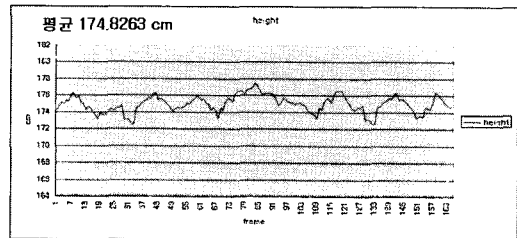
(a)



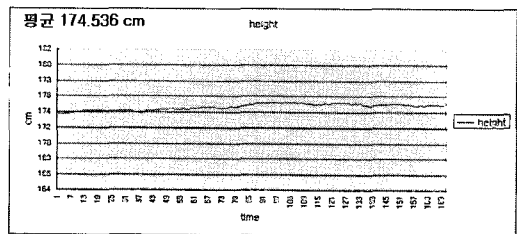
(b) (c) 그림 12. 단일 객체의 높이 측정

(a) 움직임 영역의 표현과 높이 출력
(b) 추출된 움직임 영역 (c) 레이블링

Figure 12. The height measurement of an object
(a) The representation of the moving region for an object and the result
(b) The extracted moving region (c) Labeling



(a)



(b)

그림 13. 신뢰도 필터를 이용한 높이값 보정
(a) 신뢰도 필터를 적용하지 않은 경우
(b) 신뢰도 필터를 적용한 경우
Figure 13. The calibration of height using the confidence filter
(a) Unfiltered results (b) Filtered results

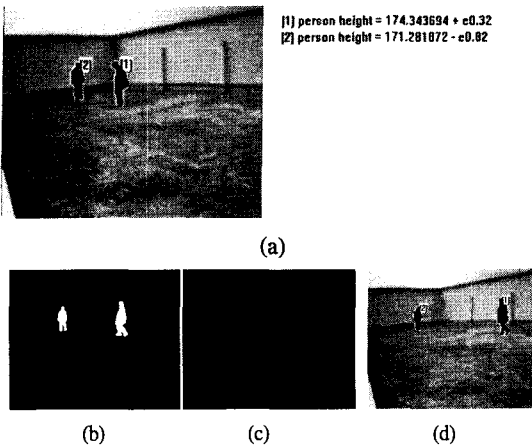


그림 14. 다중객체의 높이 측정

- (a) 다중 객체의 움직임 영역 표현과 높이 출력
- (b) 추출된 움직임 영역
- (c) 레이블링
- (d) 인식된 결과 영상들

Figure 14. The height measurement of the multiple objects
 (a) The representation of the moving region for and the output of the result
 (b) The extracted moving region (c) Labeling
 (d) An example of the recognized result

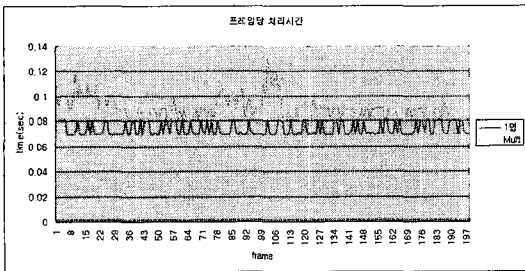


그림 15. 프레임 처리 속도
 Figure 15. The processing time of each frame

또한, 본 실험에서는 다중 객체가 입력된 경우에도 각 객체의 높이를 측정하였고 이때, 소요되는 알고리즘 처리 시간도 측정하였다. 다중 객체의 높이 측정을 위해, 영역 확장(Region growing) 방법을 이용하여 각 객체를 표현하였으며, 각 객체를 인식하기 위해 중심 위치와 영역의 크기를 이용하였다. 그림 14에서는 다중 객체가 입력된 경우의 추출된 영역과 측정된 결과를 나타내고 있다. 이때, 객체 [1]의 실제 높이는 약175.4cm이고 객체 [2]의 실제 높이는 약 170.8cm이다.

그림 15는 알고리즘의 처리속도를 보여주고 있다. 그림 15의 실선은 단일 객체일 때, 소요되는 처리속도를 측정한 것이고, 점선은 다중 객체인 경우의 처리 속도이다. 점선에서 처리 시간의 폭이 큰 것은, 객

체의 움직임에 따라 영역의 크기가 증가하고, 노이즈에 의해 레이블링 되는 영역의 개수가 늘어났기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 영상내의 임의의 좌표에서 움직이는 객체의 높이를 측정하는 알고리즘을 제안하였다. 카메라를 통해 입력된 영상에서, 기하학 정보와 움직임 객체의 바닥점과 높이점을 추출하여 객체의 높이를 계산하였다. 움직임 객체는 모델링된 픽셀값과 생성된 배경영상을 이용하여 추출하였고 객체를 표현하기 위해 카드보드모델을 사용하였다. 객체의 바닥점은 카드보드모델의 다리부분에서 후보점들을 선택하여 추출하였고 높이점은 수직소실점을 이용하여 추출하였다. 그리고 신뢰도 필터를 적용하여, 추출된 높이점들을 이용하여 계산된 높이값을 보정하였다. 신뢰도 필터를 적용한 결과가 적용하지 않았을 때보다 개선된 결과를 보여주는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 또한, 다중 객체가 입력되는 경우에도 각 객체의 실제 높이와 유사한 값이 측정되는 것을 확인할 수 있었다.

자동으로 정확한 소실점과 소실선을 찾는 알고리즘은 높이 계산값의 오차 범위를 줄일 수 있을 것이고, 이와 같은 연구는 3차원 재구성한 영상에 캐릭터 애니메이션[14]하는 분야에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

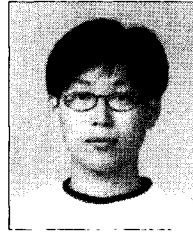
- [1] A. Criminisi, A. Zisserman, L. Van Gool, S.Bramble, and D. Compton. "A new approach to obtain height measurements from video", *In proc. of SPIE, Boston, Massachusetts, USA*, volume 3576, pp.1-6, 1998.
- [2] D. Leibowitz, A Criminisi, and A. Zisserman. "Creating architectural models from images", *In Proc. EuroGraphics*, 1999.
- [3] O. Faugeras. "Three-Dimensional Computer vision : a Geometric Viewpoint", *MIT Press*, 1993.
- [4] P.L. Rosin and T.Ellis., "Detection and classifying intruders in image sequences", *In British Machine Vision Conf*, pp.293-300, 1991.
- [5] Y.H. Yang and M.D. Levine., "The background

primal sketch: An approach for tracking moving objects.", *Machine Vision Applic*, vol 5, pp.17-34, 1992.

- [6] Y.Z. Hsu, H.H. Nagel, and G. Rekers., "New likelihood test methods for change detection in image sequences.", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, vol 26, pp.73-106, 1984.
- [7] T. Olson, F. Brill., "Moving Object Detection and Event Recognition algorithms for Smart Cameras", *In Proc. DARPA Image Understanding Workshop*, pp. 159-176, 1997
- [8] N.Otsu., "A threshold selection method from gray-level histograms.", *IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics*, vol 9, pp. 62-66, 1979.
- [9] I. Haritaoglu, D.Harwood, and L.Davis, "Who, when, where, what: A real time system for detecting and tracking people", *In Proceedings of the Third Face and Gesture Recognition Conference*, pp. 222--227, 1998
- [10] S. Ju, M. Black, Y. Yaccob, "Cardboard People: A Parameterized Model of Articulated Image Motion", *International Conference on Face and Gesture Analysis*, 1996
- [11] R. Hartly, A. Zisserman "Multiple view geometry in computer vision", *Oxford university press*, pp.205-212, 2000
- [12] O. Faugeras and Q. Luong "The Geometry of Multiple Images", *MIT Press*, pp.196-211, 2001
- [13] J. Serra, "Image Analysis and Mathematical Morphology", *Academic Press, New York*, vol.1 1982.
- [14] Arunachalam Somasundaram, Rick Parent, "3D Reconstruction of walking behaviour using a single camera", *Conference Abstracts and Application, Siggraph 2002*, pp.137, 2002.

김 종 수 (Jong-su Kim)

정회원

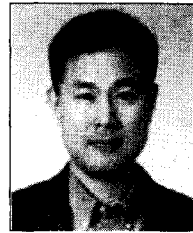


1999년 2월 : 강남대학교 전자공학과 졸업
 2002년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 졸업
 2002년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 박사과정

<관심분야> 컴퓨터시각, 영상통신, 영상신호처리

김 태 용 (Tae-yong Kim)

정회원



1986년 2월 : 한양대학교 전기공학과 졸업
 1988년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업
 1998년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2002년 1월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상 대학원 교수 재직 중

<관심분야> 컴퓨터시각, 영상통신, 컴퓨터보안, 영상처리

최 종 수 (Jong-soo Choi)

정회원



1975년 2월 : 인하대학교 전기공학과 졸업
 1977년 2월 : 서울대학교 전자공학과 영상공학과 석사
 1981년 : 일본 Keio대학 전기공학과 박사학위 취득
 1981년 9월~1999년 9월 : 중앙대학교 전자공학과 교수

1999년 9월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원장 재직 중

<관심분야> 컴퓨터시각, 영상정보/신호처리