

논문 2012-50-5-32

Dynamic scene에 대한 카메라 정보 추출 기법

(An Camera Information Detection Method for Dynamic Scene)

고 정 환*

(Jung-Hwan Ko[©])

요 약

본 논문에서는 동적 영상에서 이동하는 관심 물체의 위치좌표를 추출하고 영역화할 수 있는 자동 3D 촬영 시스템의 카메라 정보 추출 기법을 제안하였다. 즉, 기준 블록 기반의 MSE (mean square error) 알고리즘을 이용하여 초기화된 기준영상과 현재 입력되는 스테레오 영상간의 비교를 통해 좌, 우측 관심 물체의 위치좌표를 추출한 다음, 이들 추출된 위치좌표를 이용하여 스테레오 카메라의 팬/틸트를 제어하고, 제어된 팬/틸트의 움직임 각도와 스테레오 카메라의 기하학적인 구성요소를 이용하여 관심물체의 마스크 크기를 결정함으로써 다음 프레임의 기준영상으로 사용될 표적 영역화가 이루어진다. 새롭게 영역화된 기준영상은 이후 같은 방법으로 갱신되며, 검출된 위치좌표에 따라 스테레오 카메라의 주시각 제어 및 FOV 제어를 통해 실시간 자동 추적이 이루어지게 된다.

Abstract

In this paper, a new stereo object extraction algorithm using a block-based MSE (mean square error) algorithm and the configuration parameters of a stereo camera is proposed. That is, by applying the SSD algorithm between the initial reference image and the next stereo input image, location coordinates of a target object in the right and left images are acquired and then with these values, the pan/tilt system is controlled. And using the moving angle of this pan/tilt system and the configuration parameters of the stereo camera system, the mask window size of a target object is adaptively determined. The newly segmented target image is used as a reference image in the next stage and it is automatically updated in the course of target tracking basing on the same procedure. Meanwhile, a target object is under tracking through continuously controlling the convergence and FOV by using the sequential extracted location coordinates of a moving target.

Keywords : stereo camera, dynamic scene, 3D target system, pan/tilt system

I. 서 론

최근, 보다 자연스럽게 현실감 있는 3D 방송의 요구가 증가함에 따라 동적 영상(dynamic scene)에서 관심 물체의 인식 및 추적 기술에 대한 많은 연구들이 수행되고 있다.^[1~3] 이러한 추적 시스템에서는 인간의 시각 시스템(HVS : human visual system)과 같은 양안 시차(binocu-

lar disparity)^[4~6]에 의해 입력된 스테레오 영상으로부터 효과적으로 3차원 입체 정보를 추출해냄으로써 관심물체의 위치를 찾아내는 것이 기본적인 과제라 할 수 있다. 그러나, 이러한 양안 시차에 의한 스테레오 추적 시스템에서 양안의 초점이 맞지 않는 경우 관찰자는 입체감을 느끼기가 어려울 뿐만 아니라 초점이 일치하지 않기 때문에 눈의 피로를 느끼게 된다. 따라서, 일반적인 2차원 추적 시스템과 달리 스테레오 입체 추적 시스템에서는 추적하고자 하는 관심물체의 정확한 위치 검출과 검출된 위치좌표에 따라 영역화된 표적영상을 인간 시각 시스템의 눈동자 움직임과 유사하게 추적하기 위하여 카메라와 물체의 거리에 따라 스테레오 카메라의 주시각(convergence angle)을 제어하는 동시에 움직이는 물체를 연속적

* 정회원, 인하공업전문대학 메카트로닉스과
(Department of Mechatronics, Inha Technical College)
※ 이 논문은 2012학년도 인하공업전문대학 교내연구
비지원에 의하여 연구되었음.
© Corresponding Author(E-mail: jhko@inhac.ac.kr)
접수일자: 2013년1월30일, 수정완료일: 2013년4월23일

으로 추적할 수 있는 팬/틸트(pan/tilt) 기능을 가지고 있어야 한다. 즉, 스테레오 추적 시스템에서는 관심 물체의 움직임에 의해 발생하는 상대적 이동거리 값에 따라 스테레오 카메라의 팬/틸트를 제어해 줌으로써 추적 물체를 항상 좌, 우 카메라 시야(FOV: field of view)의 중앙에 위치하도록 하고 또한, 주시각을 제어해 줌으로써 물체가 겹쳐 보이지 않게 해주기 때문에 결과적으로 스테레오 카메라로부터 검출되는 물체의 정확한 위치 검출과 그에 따른 카메라 정보 추출 및 이에 따른 팬/틸트 제어는 3D 촬영 시스템의 가장 중요한 요소라 할 수 있다. 기존의 영상처리에서 관심 물체 검출은 대부분 2차원 순차 입력영상을 이용하여 이전 영상과 현재 영상사이의 관계 등으로부터 배경과 잡음을 제거하여 추적 물체를 식별하는 방법을 사용해 왔다. 즉, 일반 영상처리에서 추적 물체를 추출하기 위한 방법으로는 전, 후 프레임의 비교에 의한 차영상 방법(image difference), 사전에 정의된 특정 모델의 특징을 이용하는 모델기반(model-based) 방법, 광류(optical flow) 방법 및 블록매칭(block matching) 방법 등이 연구되고 있다. 여기서 차영상에 의한 방법은 연속되는 영상의 차를 통해 추적 물체를 추출하는 방법으로 카메라 이동에 따른 배경 영상의 변화의 처리 문제가 있다. 모델 기반에 의한 방법은 입력되는 영상이 데이터 베이스화 된 물체모델과 달리 상대적인 명암차이나 약간의 변형에도 매칭의 어려움이 있다.^[6] 또한, 광류에 의한 방법은 국부적인 시공간 경사와 속도 사이 관계에 의한 것으로 주변의 환경에 민감하고 물체의 이동 속도가 매우 느려야하는 단점 등이 있다.^[7] 그리고 블럭에 기반한 방법은 전, 후 프레임의 입력영상 크기를 블럭으로 나눈 뒤 각 블럭간의 비교를 통해 움직임을 추정하는 방법으로 가장 부합되는 블럭을 찾기 위한 계산량의 증가와 전,후 프레임의 배경변화에 따른 이동 물체 추출의 어려움 등의 단점이 있다.^[7]

따라서, 본 논문에서는 실질적인 자동 3D 촬영 시스템을 구현하기 위한 새로운 접근 방식으로 물체 인식의 고속처리 및 적응적 영역 추정이 가능한 카메라 정보 추출 기법을 제시하고자 한다. 즉, 기존 블럭 기반의 MSE(mean square error)^[8] 알고리즘을 이용하여 초기화된 기준영상과 현재 입력되는 스테레오 영상간의 비교를 통해 좌, 우측 표적 물체의 위치좌표를 추출 한 다음, 이들 추출된 위치좌표를 이용하여 스테레오 카메라의 팬/틸트를 제어하고, 제어된 팬/틸트의 움직임 각도와 스테레오 카메라의 기하학적인 구성요소를 이용하여 관심 물체의 마스크 크기를 결정함으로써 다음 프레임의 기준영상으로

사용될 표적 영역화가 이루어지게 된다. 새롭게 영역화된 기준영상은 이후 같은 방법으로 갱신되며, 검출된 위치좌표에 따라 스테레오 카메라의 주시각 제어 및 FOV 제어를 통해 실시간 스테레오 물체추적이 이루어지게 된다. 그리고 30 프레임의 스테레오 영상을 사용한 추적 실험을 통해 주시각이 제어된 스테레오 영상의 영역화 및 추적 성능을 분석함으로써 본 논문에서 제안한 기법을 이용한 동적 영상(dynamic scene)에서의 자동 3D 촬영 시스템의 실질적인 구현 가능성을 제시하고자 한다.

II. 제안된 카메라 정보 추출 기법

본 논문에서는 입력 영상의 관심대상 물체에 대한 효과적인 FOV 제어를 위해 그림 1과 같이 카메라와 카메라로 이용함으로써 복잡한 배경 잡음 하에서 관심 물체를 효과적으로 검출하고 추적할 수 있는 알고리즘을 제시하였다.

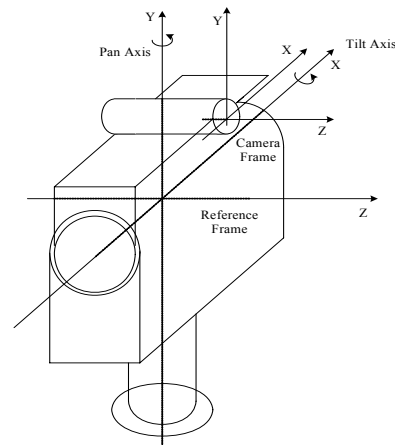


그림 1. 팬/틸트 계략도
Fig. 1. Schematics of pan/tilt device.

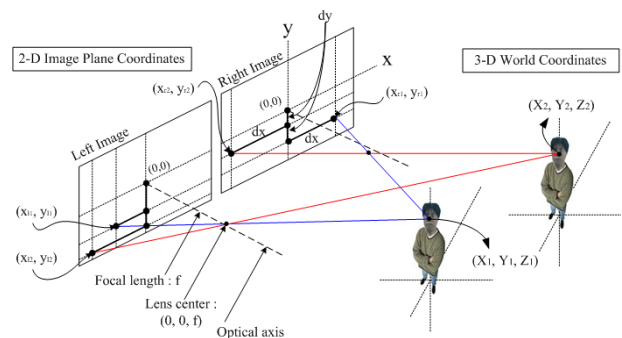


그림 2. 3차원 좌표와 영상평면간의 스테레오 영상 획득 모델
Fig. 2. Model of the stereo image mapping between a 3D scene and an image plane.

일반적으로 3차원 상의 관심 물체는 그림 2와 같이 카메라 좌표계 (X, Y, Z)와 영상 좌표계 (x, y)간의 원근 변환을 통해 2차원 영상 평면에 투영된다[8]. 그림 2에서, 카메라 좌표계 (X, Y, Z)에는 xy 평면과 일치하는 영상 평면이 있고 Z축을 따라서 광축이 있으며, 영상 평면의 중심은 원점이고, 렌즈 중심은 좌표 (0, 0, f)가 된다.

따라서 3차원 공간상에 있는 표적 물체는 그림 2와 같이 f를 중심으로 한 원근 변환(projection transformation)을 통해 2차원 영상 평면으로 사상되며, 이는 식 (1), (2)와 같이 닮은꼴 삼각형(similar triangles)을 이용하여 변환될 수 있다.

$$x_{r1} = \frac{f \cdot X_1}{f - Z_1}, x_{r2} = \frac{f \cdot X_2}{f - Z_2} \quad (1)$$

$$y_{r1} = \frac{f \cdot Y_1}{f - Z_1}, y_{r2} = \frac{f \cdot Y_2}{f - Z_2} \quad (2)$$

한편, 그림 2와 같이 3차원 공간상의 물체점 $P=(X_p, Y_p, Z_p)$ 가 스테레오 카메라의 좌, 우측 영상에 투영된 영상점을 각각 $P_l=(x_l, y_l)$, $P_r=(x_r, y_r)$ 라고 하고, 영상 평면내의 대응하는 점 P_l 과 P_r 사이의 시차를 $d_p = x_l - x_r$ 이라 정의하면, d_p 는 식 (3)과 같이 3차원 공간상의 물체점 P의 깊이 정보인 Z_p 에 반비례함을 알 수 있으며, 깊이정보 Z_p 는 스테레오 영상으로부터 시차가 결정됨에 따라 식 (4)를 통해 쉽게 산출될 수 있다[9].

$$d_p = x_l - x_r = 2h - \frac{bf}{Z_p} \quad (3)$$

$$Z_p = \frac{bf}{2h - d_0} \quad (4)$$

따라서 추적대상의 표적 물체를 카메라 시야의 중앙에 놓이게 하기 위한 팬/틸트 시스템은 영상 평면의 원점 (0, 0)을 중심으로 2차원 영상 평면에 사상된 관심 물체의 위치 변이를 팬/틸트 시스템의 제어값인 각도값으로 환산하여 추적 및 감시 기능을 수행하게 된다.

그림 3은 공간상의 같은 점에 대해 카메라의 회전으로 인한 두 카메라 좌표의 차이로 인하여 두 영상 면에서의 점의 이동을 나타낸 것으로서 카메라 렌즈의 축을 중심으로 회전하는 카메라에서 획득한 영상은 그 정보가 변하지 않는다는 것을 보여주고 있다.

3차원 공간상으로 수렴되는 임의의 한 점은 벡터 P_r 로 표현 될 수 있으며, 그 위치는 카메라로 획득된

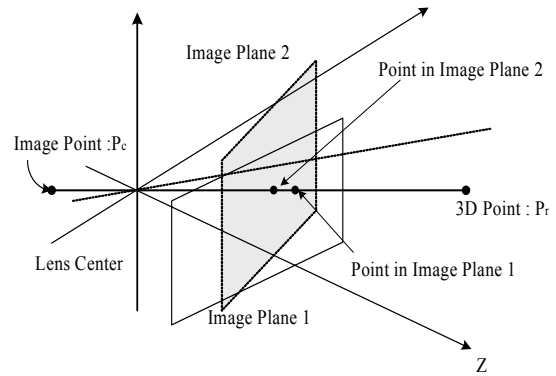


그림 3. 3차원 공간상의 점
Fig. 3. 3-dimensional point.

2차원 영상평면 내에서 식 (5)와 같이 변환될 수 있다.

$$P_r = T_c P_c \quad (5)$$

식 (5)에서 P_c 는 카메라로 획득된 2차원 평면상의 한 점이며, T_c 는 현재의 영상 위치에서 기준 영상으로 변환될 수 있는 4X4 변환 행렬이다. 즉, 현재 영상 $P_c(t)$ 는 이전영상 $P_c(t-1)$ 을 팬/틸트 회전한 결과이며, 기준 영상의 어떠한 점이라도 현재영상의 이전과 이후 움직임에 의해 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_r = T_c(t) P_c(t) = T_c(t-1) P_c(t-1) \quad (6)$$

또한, 식 (6)은 식 (7)과 같이 획득된 2차원 영상 내의 어떠한 점도 이전영상과 현재영상과 현재 관심영역의 한 점으로써 표현이 가능하다는 것을 알 수 있다.

$$P_c(t-1) = T_c(t-1)^{-1} T_c(t) P_c(t) \quad (7)$$

현재 영상 $P_c(t)$ 는 이전영상 $P_c(t-1)$ 을 팬/틸트 시스템이 회전한 결과이므로 식 (8)와 (9)으로 각각 나타낼 수 있다.

$$P_c(t) = Rot_Y(\phi) Rot_X(\theta) P_c(t-1) \quad (8)$$

$$P_c(t-1)^{-1} = T_c(t)^{-1} Rot_Y(\phi) Rot_X(\theta) \quad (9)$$

식 (8), (9)에서 $Rot_X(\theta), Rot_Y(\phi)$ 는 회전한 팬 각도 θ 와 틸트 각도 ϕ 를 각각 나타낸 것이며, 식 (7)은 (8)과 (9)를 이용하여 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_c(t-1) = T_c(t)^{-1} Rot_Y(\phi) Rot_X(\theta) T_c(t) P_c(t) \quad (10)$$

또한, 2차원 영상으로의 획득되는 샘플링 속도가 빠르게 되도록 가정되었다면, 각 θ 와 ϕ 는 매우 작다고 가정할 수 있고, 이는 식 (11)와 같이 근사화될 수 있다.

$$c\theta, c\phi \approx 1 \quad s\theta, s\phi \approx \theta, \phi \quad s\theta, s\phi \approx 0 \quad (11)$$

팬/틸트 시스템의 구동 전 틸트 각도를 α 로 한다면, 현재 카메라의 변환 형태와 역 변환 형태를 식 (12)와 (13)으로 결정할 수 있다.

$$T_c(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & \rho_y \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & \rho_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$T_c(t)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & -\cos\alpha\rho_y - \sin\alpha\rho_z \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & \sin\alpha\rho_x - \cos\alpha\rho_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

또한, 삼각법에 의한 행렬 동일성(trigonometric identity)을 적용하여 간략화하면 식 (14), (15)과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_{t-1} = x_t + \phi \sin\alpha y_t + \phi \cos\alpha z_t + \phi \rho_z \quad (14)$$

$$y_{t-1} = -\phi \sin\phi x_t + y_t - \theta z_t + \theta \sin\alpha \rho_y - \theta \cos\alpha \rho_z \quad (15)$$

$$z_{t-1} = -\phi \cos\phi X_t + \theta Y_t + Z_t + \theta \cos\alpha \rho - \theta \sin\alpha \rho_z \quad (16)$$

따라서, 식 (14), (15), (16)을 원근투영 변환을 이용하면 식 (17)로 표현될 수 있다.

$$x_{t-1} = f \frac{x_t + \phi \sin\alpha y_t + \phi \cos\alpha z_t + \phi \rho_z}{-\phi \cos\alpha x_t + \alpha y_t + z_t + \theta \cos\alpha \rho_y - \theta \sin\alpha \rho_z} \quad (17)$$

y_{t-1} 에 대해서도 x_{t-1} 의 전개과정과 동일하게 풀이하면 결국 식 (18)과 같이 나타낼 수 있다.

$$y_{t-1} = f \frac{y_t - \phi \sin\alpha x_t + f\theta}{-\phi \cos\alpha x_t + \theta y_t + f} \quad (18)$$

따라서 식 (17)과 (18)은 카메라의 회전 각도인 팬/틸트 각도를 알고 카메라의 초점 거리, f 를 알면 시간 t 에서의 좌표점 x_t 로부터 시간 $t-1$ 에서의 좌표점 x_{t-1} 을 복원할 있다는 알 수 있다. 결국 이전영상과 현재 영상간의 표적영상의 이동변이에 따라 제어될 팬/틸트 각도는 식 (17)과 (18)을 팬/틸트의 각도인 θ 와 ϕ 에 대해 정리하면 식 (19)과 (20)으로 나타낼 수 있다.

$$\theta = \frac{\phi x_t x_{t-1} + f(x_{t-1} - x_t)}{x_{t-1} x_t \cos\alpha + f(y_t \sin\alpha + f \cos\alpha)} \quad (19)$$

$$\phi = \frac{\theta x_t (f \sin\alpha - y_{t-1} \cos\alpha) + f(y_{t-1} - y_t)}{f^2 - y_{t-1} y_t} \quad (20)$$

따라서, 동적 영상의 이전영상과 현재영상의 2차원 화소값으로 구성된 위치값을 검출하면 식 (19)와 (20)을 통해 팬과 틸트 각도가 산출되고 이는 팬/틸트 시스템의 엔코더를 통해 모터 제어각도로 구동될 수 있다. 결국, 관심대상의 물체를 카메라 시야(FOV:field of view)의 중앙에 놓이게 하기 위한 팬/틸트 시스템은 영상 평면의 원점 (0, 0)을 중심으로 2차원 영상 평면에 사상된 관심 물체의 위치 변이 ($\Delta x_r, \Delta y_r$)를 팬/틸트 시스템의 제어값인 각도값으로 환산하여 추적 기능을 수행하게 된다.

III. 실험 결과 및 고찰

제안된 카메라 정보 추출 기법의 성능을 분석하기 위한 시나리오는 실시간으로 움직이는 물체와 전경 및 배경에 위치한 다른 자동차 물체 2대를 관심 물체와 함께 동시에 움직이도록 구성하였으며, 가변적인 팬/틸트 시스템의 제어각도 성능을 분석하기 위해서 물체의 회전 및 수직이동까지 포함되도록 구성하였다. 그림 4는 이상의 시나리오를 통해 스테레오 카메라로부터 획득된 스테레오 영상 전체 30 프레임 중 6 프레임(1, 8, 13, 17, 20, 25 번째 프레임)을 나타낸 것이다.

표 1은 본 실험에 사용된 6 프레임의 스테레오 입력 영상에 대해 좌, 우측 입력영상과 이전 프레임에서 얻은 기준영상 간에 기존 블록 기반의 MSE 알고리즘^[9]을 적용하여 중심좌표(0, 0)을 기준으로 x, y축 방향으로 이동된 관심물체의 위치좌표 값을 나타낸 것이다.

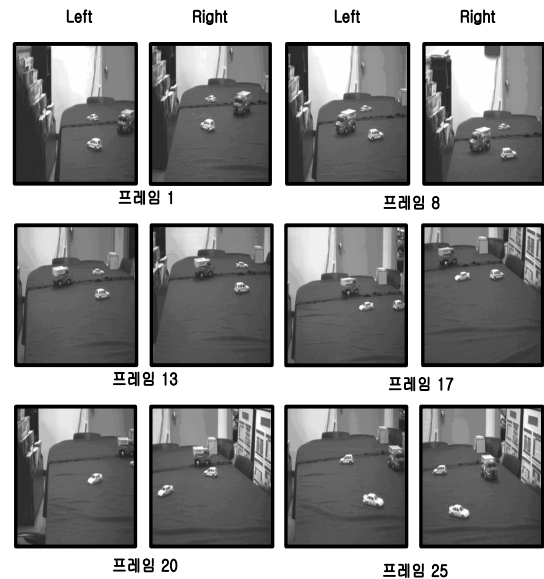


그림 4. 스테레오 입력영상
Fig. 4. Stereo input image.

표 1에서, 추출된 위치좌표는 관심 물체의 실제 이동 값을 의미하며 동시에 카메라의 팬/틸트 제어값이 된다.

본 논문에서는 카메라의 광축이 관심물체의 주시점에 일치하도록 하는 평행식 카메라 설정법을 사용하였으므로 관심 물체까지의 거리는 식 (4)에 의해 구할 수 있다. 또한, 각도 θ_1 과 θ_2 는 식 (19)와 (20)에 의해 얻을 수 있는 값이며, d 는 좌, 우 카메라 사이의 거리이므로 스테레오 비전 시스템의 구성 파라메타에 의해 주어지는 값이다. 따라서 식 (4)를 이용하여 관심 물체까지의 거리 D는 스테레오 비전 시스템의 파라메타를 사용하여 표 2와 같이 구할 수 있다.

표 2에서 보면, 관심물체에서 카메라까지의 거리에 대한 계산치와 측정치 간에 평균 1.15 cm의 낮은 오차를 유지함을 알 수 있으며, 이들 값들은 관심 물체의 영

표 1. 좌, 우측 관심 물체의 위치좌표
Table 1. Detection time of location.

프레임	좌측영상 (X,Y)	우측영상 (X,Y)
1	(34, 7)	(-2, -26)
8	(41, 23)	(41, 24)
13	(43,-43)	(61, -55)
17	(40, 22)	(-43,-33)
20	(39, 3)	(-96, 29)
25	(56, 47)	(-51, 65)

표 2. 산출된 스테레오 카메라 정보
Table 2. Extracted stereo camera information.

프레임	구성요소	추출된 카메라 정보		
		d [cm]	θ_1	θ_2
1		15	31	28
8		15	33	42
13		15	39	34
17		15	32	28
20		15	62	14
25		15	32	25

표 3. 물체에서 카메라까지의 거리
Table 3. Distance between target and camera.

프레임	구성요소	물체에서 카메라까지의 거리 [D, cm]			
		계산치	측정치	오차	계수
1		130.5	131.8	1.3	1.008
8		129.4	130.6	1.2	1.009
13		128.2	129.5	1.3	1.2
17		106.8	107.2	0.4	1.08
20		98.4	97.3	1.1	1.15
25		85	83.4	1.6	1.03

역화 크기를 결정하는 비례계수로 사용되게 된다.

그림 5는 표 2의 관심 물체 위치좌표와 표 4의 카메라에서 관심 물체까지의 거리정보를 이용하여 관심 물체 영역을 검출한 결과를 나타낸 것이다. 그림 5에서 보면, 각 프레임에 따라 관심 물체의 회전 및 크기 변화에도 적응적으로 표적의 위치를 검출하고 영역화할 수 있음을 볼 수 있으며, 검출된 위치좌표에 따라 정확히

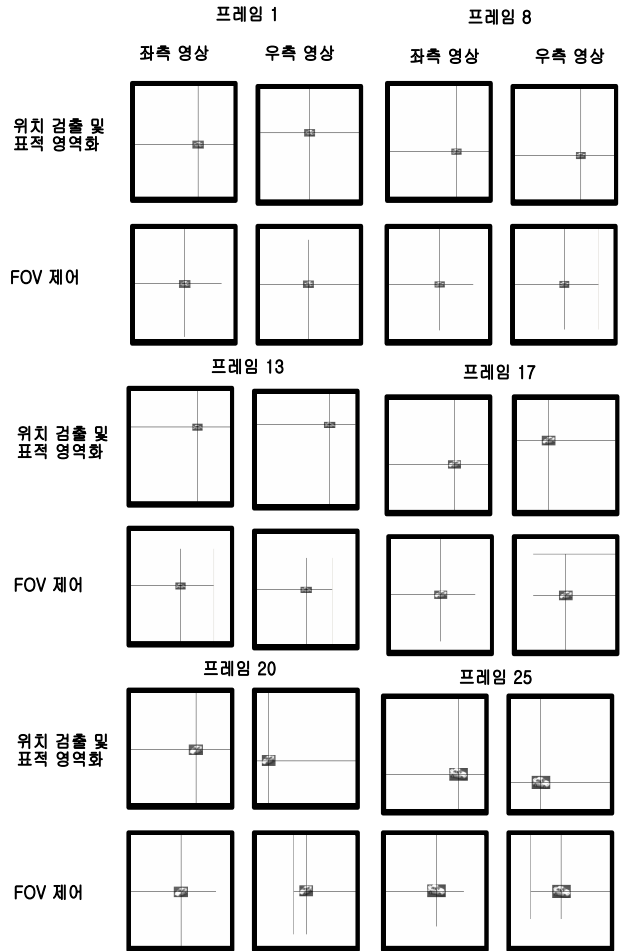


그림 5. 관심 물체의 영역화 및 FOV제어 결과
Fig. 5. FOV control result of target.

표 4. 검출된 표적 마스크의 크기(픽셀)
Table 4. Detected target mask (pixel).

프레임	구성요소	좌측 영상 (a)	우측 영상 (b)	영역화오차	
				X축	Y축
1		23×17	24×18	1	1
8		26×15	23×15	3	0
13		26×17	28×17	2	0
17		31×18	30×18	1	0
20		36×24	35×24	1	0
25		46×29	45×30	0	0

※ (a), (b) = Wx(n) × Wy(n)

입력영상의 중앙으로 이동시키는 FOV 제어를 통해 주시각 제어 및 표적 추적이 동시에 이루어지고 있음을 알 수 있다.

표 4는 추출된 스테레오 카메라 시스템의 정보를 통해 갱신된 영역 마스크의 크기를 나타낸 것이다. 표 3에서 보면, 수평 쪽에서의 영역화 오차는 평균 1.3 픽셀의 낮은 값을 보이고, 수직 쪽에서도 0.3 픽셀의 미세한 오차를 보이고 있어 제안한 알고리즘의 정확한 표적 영역화 성능을 볼 수 있다.

이상의 실험결과, 본 논문에서 제안된 동적 영상에서의 카메라의 정보 추출기법을 통해 스테레오 입력 영상에서 관심 물체의 위치정보를 정확히 추출할 수 있고 또한, 제안된 적응적 표적 영역화 기법을 통해 스테레오 카메라의 주시각 제어 및 관심 물체의 실시간적 추적이 가능함이 분석됨으로써 이를 이용한 실질적인 자동 3D 촬영 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 실질적인 자동 3D 촬영 시스템을 구현하기 위한 새로운 접근 방식으로 물체 인식의 고속처리 및 적응적 영역 추정이 가능한 카메라 정보 추출 기법을 제시하였다. 30 프레임의 스테레오 영상을 사용한 추적 실험을 통해 주시각이 제어된 스테레오 영상의 영역화 및 추적 성능을 분석함으로써 본 논문에서 제안한 기법을 이용한 동적 영상(dynamic scene)에서의 자동 3D 촬영 시스템의 실질적인 구현 가능성을 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] P. Danielson, "Video surveillance for the rest of us: proliferation, privacy, and ethics education", *2002 International Symposium on Technology and Society*, vol. 1, no. 1, pp. 162~167, 2002
- [2] James Black and Tim Ellis, "Multi-camera image measurement and correspondence", *Measurement*, vol. 32, pp. 61~71, 2002
- [3] J. S. Lee and J. H. Ko, E. S. Kim, "Real-time stereo object tracking system by using block matching algorithm and optical binary phase extraction joint transform correlator", *Optics Communication*, vol.191, pp.191-202, 2001.
- [4] 서춘원, 노희정, 원영진, "스테레오 비전 시스템을 이용한 문자 특징 추출", *대한전자공학회 논문지 (TE)*, vol. 40, no. 4, pp. 41-47, 2003

- [5] Qielu Pan, Jianbo Su, Yugeng Xi, "Uncalibrated 3D robotic visual tracking based on artificial neural network", *Acta Automatica Sinica*, vol. 27, no. 6, pp. 194~199, 2001.
- [6] J. S. Park and M. J. Chung, "Path planning with uncalibrated stereo rig for image-based visual servoing under large pose discrepancy", *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, vol. 19, no. 2, 2003.
- [7] Darrell, G. Gordon, M. Harville, and J. Woodfill, "Integrated person tracking using stereo, color, and pattern detection", *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition '98*, vol. 1, pp. 601~608, 1998.
- [8] D. Murray and Anuo Basu "Motion tracking with an active camera", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 16, no. 5, pp. 449~459, 1994.
- [9] 고정환, "AGV의 작업자 식별 및 회피를 위한 2D 공간 지도 구성," *대한전자공학회 논문지*, vol. 49, no. 9, pp. 347-352, 2012

저 자 소 개

고 정 환(정회원)

현재 인하공업전문대학 메카트로닉스과 부교수
대한전자공학회논문지 제49권 제9호 참조