J. of the Korean Sensors Society
Vol. 13, No. 2 (2004) pp. 144 – 151

인체의 상향식 선택적 주의 집중 시각 기능을 모방한 능동 스테레오 감시 시스템의 개발

정범수 · 이민호†

Development of Active Stereo Surveillance System with the Human-like Visual Selective Attention

Bum-Soo Jung and Minho Lee†

Abstract

In this paper, we propose an active stereo surveillance system with human-like convergence function. The proposed system uses a bottom-up saliency map model with the human-like selective attention visual function to select an interesting region in each camera. and this system compares the landmarks whether the selective region in each camera finds a same region. If the left and right cameras successfully find a same landmarks, the implemented vision system focuses on the landmark. Using the motor encoder information, we can automatically obtain the depth information and resultantly construct a depth map using the depth information. Computer simulation and experimental results show that the proposed convergence method is very effective to implement the active stereo surveillance system.

Key Words : saliency map, active stereo vision system, surveillance

1. 서 론

인체의 두 눈은 어떤 영상을 바라보았을 때 뇌와 안구의 상호 작용에 의해서 어떤 관심 영역을 바라보게 된다. 이러한 방식은 크게 두 가지 주의 집중 처리 방식으로 구분 되어 질 수 있다. 하향식(혹은 의지적인) 처리 과정은 인체의 시각 시스템이 영상의 이해와 인식과 같은 인지적인 처리를 통해 어떤 관심 영역을 결정하는 것을 말한다. 반면에 상향식(혹은 무의식적인) 처리과정은 인체의 시각 시스템이 빛, 색, 윤곽선 등의 기본적인 정보들의 특징으로부터 어떤 관심 영역을 결정하는 것을 말한다[1]. 영상 정보는 매우 고차원의 정보에 해당하여 이의 처리는 매우 복잡하다. 그러나 인체는 선택적 주의 집중 기능을 이용하여 고차원의 영상 처리를 매우 효율적으로 수행한다. 만약 특정인의 출입을 실시간으로 감지하며, 특정인까지의 거리 정보를 이용함으로써 실제 인물인지를 확인하여 출입을 통제할 수 있는 능동 스테레오 감시 시스템의 개발을 위해 인체와 유사한 선택적 주의 집중 기능을 가지는 양안 수렴 모델을 적용 할 수 있다면 능률적인 영상 처리를 통해 보다 지능적인 감시 시스템을 개발 할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 스테레오 비젼에서 가장 어려운 문제점들 중 하나인 영상 폐색 문제를 해결 할 수 있을 것이다.

연구자들은 계속해서 휴머노이드 로봇 및 산업용의 목적으로 양안 수렴 스테레오 시스템을 개발해 왔다. Krotkov는 스테레오 카메라를 동작시킨 후 카메라의 focus를 전반적으로 조절하였다. 그리고 카메라의 방향을 맞춘 다음 깊이 정보를 도출하는 방식으로 양안 수렴 모델을 구성하였다[2]. Abbott와 Ahuja는 focus, camera vergence, stereo disparity의 동적 결합을 통한 3차원 정보 재구성을 이용한 양안 수렴 알고리즘을 제안하였다[3]. Yamato는 양안 수렴 조정 기능을 가진 스테레오 비젼 시스템을 위해 layered control system을 구성하였다. 이 시스템은 어떤 영역의 추적을 위해 sum of absolute difference(SAD)를 사용함으로써 영상에서

경북대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University)

†Corresponding author: mholee@knu.ac.kr
(Received : December 15, 2003, Accepted : January 26, 2004)

가장 유사한 영역을 검색하였다[4]. 그러나 이러한 모델들은 수학적인 접근에 기반을 두었기 때문에 인체의 망막으로부터 뇌의 시각 피질까지의 생물학적인 시각 정보 처리를 충분하게 반영하지 못하였다. Peng 등은 특정 색의 물체에 대한 선택적 검출을 통한 양안 수렴 알고리즘을 제안하였다[5]. 그러나 이 시스템은 선택적 주의 집중을 구현하기 위해 단지 색 정보만을 이용함으로써 인체의 망막이 처리하는 다양한 정보들을 충분하게 고려하지 못하였다. Bernardino와 Victor는 인체의 망막의 구조를 고려한 log-polar image들을 사용함으로써 양안 수렴 모델을 구성하였다[6]. 그러나 이 시스템은 인체의 망막 기능만 고려함으로써 양안 수렴과 관련된 인체 뇌의 작용들에 대한 고려들이 부족하다. Conradt 등은 생물학적인 처리 방식에 기반을 둔 돌출맵(saliency map : SM)을 이용하여 스테레오 비전 시스템을 제안하였다. 그들은 입력 영상을 해석하기 위해 빛, 색, 다양한 크기의 반경을 가지는 원과 수직, 수평, 대각선의 윤곽선을 검출하였다. 또한 그들은 이러한 기본 요소들의 검출기와 돌출맵 사이의 상호작용에 의해 양쪽 이미지에서 양안 수렴을 이루는 특징점을 추출하였고 그 특징점에 대한 방향과 거리를 찾아내는 양안 수렴 모델을 구성하였다[7]. 그러나 이 양안 수렴 모델은 돌출맵을 형성하기 위한 기본 요소들의 고려가 충분치 못하고 인체의 뇌 속에서 거리 정보를 인식하는 hippocampus속 뉴런들의 역할만을 고려함으로써 인체 뇌 속의 전반적인 시각 처리 과정을 반영하지 못하였다. 그러므로 우리는 인체 망막의 영상정보 추출과정 및 추출된 정보의 통합에 관여하는 시각 피질의 기능까지 반영 할 수 있는 생물학적인 양안 수렴모델을 가지는 감시 시스템을 고려할 필요가 있다.

이 논문에서는 인체의 망막으로부터 시각 피질까지의 생물학적 시각 처리 기능이 고려된 양안 수렴 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안된 양안 수렴 알고리즘은 인체의 상향식 선택적 주의 집중 기능을 모방한 돌출맵을 기본 알고리즘으로 하여 구성되었다[8]. 또한 제안된 양안 수렴 알고리즘을 이용하여 입력된 영상으로부터 몇 개의 특징점을 추출하고 각각의 거리 정보를 구함으로써 실제 영상과 사진을 구별 할 수 있는 감시 시스템을 구성하였다.

2장에서는 인체의 상향식 시각 처리를 모방한 기존의 돌출맵 모델에 대해 간단히 설명하고 3장에서는 기존의 돌출맵을 개선한 수정된 돌출맵을 제안한다. 또한 4장에서는 각각의 카메라에 대한 돌출점의 선택, 검증 및 거리 정보의 획득에 대해서 설명한다. 5장에서는 실제로 구성된 하드웨어 시스템을 보이고 6장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 감시 시스템의 결과를 보인다. 7장에서는 결론을 맺는다.

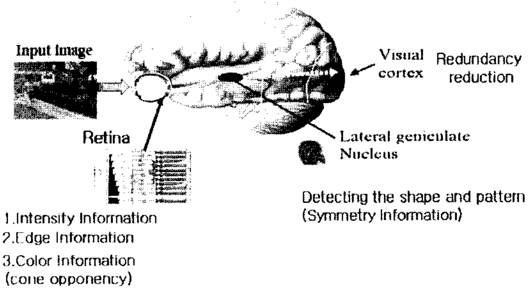


그림 1. 인체의 망막으로부터 시각 피질까지의 생물학적인 시각 처리 경로

Fig. 1. Biological visual pathway from the retina to the visual cortex.

2. 기존의 상향식 돌출맵 요약

그림 1은 인체의 망막으로부터 외측슬상체(Lateral geniculate nucleus : LGN)를 거쳐 시각 피질까지의 생물학적인 시각 처리 경로를 보여준다.

인체와 같은 선택적 주의 집중 기능을 구현하기 위해서 Park 등은 인체의 망막, 외측슬상체 및 시각 피질의 기능들이 반영된 돌출맵을 고려하였다[8]. 인체의 망막은 윤곽선 정보와 color opponency를 추출해 내기 때문에 돌출맵에서는 윤곽선과 color opponent coding을 기본 입력 정보로 사용하였다. 또한 밝기 정보는 이 정보를 인체의 심리적 요소로 본 Treisman의 가설[9]을 반영하기 위해 돌출맵의 입력으로 사용되었다. 그리고 물체의 형태를 인식하는 LGN(Lateral geniculate nucleus)의 기능을 고려하기 위해서 대칭성 정보를 또 하나의 입력으로 사용하였다. 마지막으로 중복도 감소를 시각 피질의 주요한 기능으로 보고 중복도 감소의 가장 좋은 방법으로 알려진 독립성분해석(Independent component analysis : ICA) 알고리즘을 이용하여 시각 피질을 모델링 하였다. 그리고 각각의 입력 정보들과 ICA 학습을 통하여 얻어진 필터들의 컨볼루션을 한 후 컨볼루션된 각각의 입력 정보들의 합을 통해 돌출맵을 형성한다. 이 모델은 기존 Itti[1] 등의 방법과 비교해 볼 때, 대칭성 정보를 돌출맵 구현을 위해 추가로 사용하였으며, 각 특징맵들을 통합하는 방법에서 시각 피질에서의 중복도 감소 기능이 고려되었다는 점에서 장점이 있다[8].

우리의 뇌 속에는 한번 보았던 영역을 또 다시 보지

않도록 억제하는 inhibition-of-return(IOR)이라는 기능이 있다. 이러한 기능을 구성하기 위해 Park 등은 가장 돌출된 영역의 대칭성 정보를 사용하였다. 왜냐하면 돌출된 영역이 어떤 물체가 될 가능성이 높고 그러한 경우 대칭성의 정보를 많이 가지게 되기 때문이다[3]. IOR의 영역은 잡음에 강건한 일반화 대칭 변환(Noise tolerant generalized symmetry transform : NTGST)[10]과 morphology 알고리즘중의 하나인 팽창(Dilation)연산을 이용하여 얻는다. 만약 돌출영역이 어떤 물체를 포함하고 있지 않다면 정해진 제한값 보다 더 큰 돌출맵의 값들을 IOR의 영역으로 고려한다. IOR의 영역을 가린 후에, 돌출맵은 이전의 돌출점을 제외하고 다음의 돌출점을 찾음으로써 한 영상에서 계속된 시각 이동 경로를 찾게 된다[11].

3. 가중 대칭맵을 이용한 수정된 돌출맵

기존의 상향식 돌출맵에서는 물체의 형태 및 패턴을 인식하는 외측슬상체(LGN)의 기능을 고려하기 위해서 대칭성 정보를 또 하나의 입력으로 사용하였다. 대칭성을 구하기 위해서 복잡 배경속에서 불특정 객체의 대칭성을 구하는데 효과적인 방법인 NTGST를 이용하였다[10].

NTGST는 대칭도의 크기만이 아니라 그 수렴 및 발산 방향도 고려하여 변화 방향이 수렴하는 경우에는 음극성(–)을, 발산하는 경우에는 양극성(+)을 갖도록 하였다. 그리고 이에 따른 위상 가중 함수(phsase weight function)은 다음과 같다.

$$P(i,j) = sin\left(\frac{\theta_i+\theta_i}{2} - \alpha_{ij}\right) \times sin\left(\frac{\theta_i-\theta_i}{2}\right) \quad (1)$$

여기서 α_{ij}는 두 화소의 연결 직선이 수평선과 이루는 각도이고 θ_i와 θ_j는 각 화소의 명도변화 방향이다.

한편, 두 화소간의 거리가 가까우면 큰 값을 갖도록 거리 가중 함수(distance weight function)를 다음과 같이 정의한다.

$$D_\sigma(i,j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2}\right) \quad (2)$$

여기서 σ는 대칭 변환할 영역의 크기를 나타내며, $p_{(i)}$와 $p_{(j)}$는 i번째 화소와 j번째 화소의 위치를 나타낸다. 그러므로 두 화소의 거리가 가까울수록, 명도변화 방향이 대칭일수록, 명도변화 크기가 클수록 큰 대칭 기여도가 나타나게 된다. 이러한 관계를 대칭 기여도 $C(i,j)$로 정의한다.

$$C(i,j) = D_\sigma(i,j)P(i,j)r_i r_j \quad (3)$$

여기서, $r_{(k)}$는 k번째 화소의 명도값을 나타낸다. 식 (2)에 보였듯이 NTGST는 거리 가중 함수 σ값에 민감하게 반응하여 다양한 크기의 객체 대칭성 검출에 한계점을 가진다. 또한 큰 객체의 대칭성을 검출하기 위해 σ값을 크게 할 경우 처리 시간이 많이 걸리는 단점을 가진다. 그러므로 본 논문에서는 피라미드 영상을 이용한 가중 대칭맵으로 이러한 문제를 극복하였다. 가중 대칭맵은 원 영상의 피라미드 영상에서 윤곽선 영상을 구하고 이에 NTGST를 각각 적용하여 그 결과들을 더함으로써 얻어지는 대칭맵을 의미한다. 이를 통하여 가장 큰 영상에 적용된 마스크 크기가 줄어든 영상에 적용되면서 원 영상에 더 큰 마스크를 적용한 결과를 가져온다. 그러므로 다양한 크기를 가진 객체의 대칭성을 좀 더 효율적으로 검출 할 수 있다.

그림 2(b)는 그림 2(a)의 영상에 대해 고정된 σ를 이용할 때 얻은 대칭맵을 보인 것이고, 그림 2(c)는 가중 대칭맵을 이용하여 얻은 대칭맵을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 자연영상에 포함된 객체의 대칭성이 가중 대칭맵을 사용할 때 보다 잘 표현되는 것을 알 수 있다. 그림 3은 주차장 영상에서 가중 대칭맵을 이용하기 전과 후의 돌출맵 결과에 따른 돌출영역을 순서대로 보인 것이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 가중 대칭

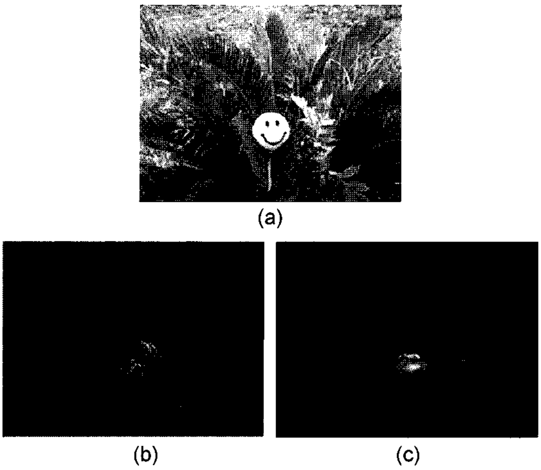


그림 2. 실험 영상에 대한 일반 NTGST와 가중 NTGST의 실험결과; (a) 원래 영상, (b) 일반 NTGST의 결과, (c) 가중 NTGST의 결과

Fig. 2. The experimental result of normal NTGST and weighted NTGST; (a) Original image, (b) The result of normal NTGST, and (c) The result of weighted NTGST.

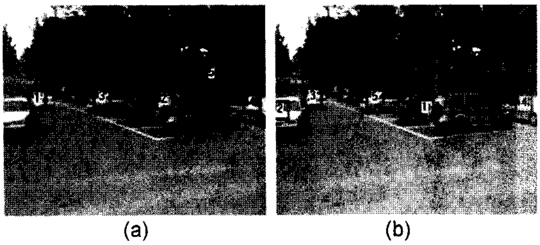


그림 3. 일반 NTGST와 가중 NTGST가 적용된 각각의 돌출맵 실험 결과; (a) 일반 NTGST가 적용된 돌출맵, (b) 가중 NTGST가 적용된 돌출맵

Fig. 3. The experimental saliency map result of normal NTGST and weighted NTGST; (a) The saliency map of normal NTGST and (b) The saliency map of weighted NTGST.

맵을 적용했을 경우 의미 있는 객체에 좀 더 나은 선택적 집중이 이루어지는 것을 볼 수 있다.

4. 수정된 상향식 돌출맵을 이용한 양안 수렴 모델

4.1. 돌출점의 선택과 검증

유아의 발달시기 동안 양안 수렴에 의한 변이도 최소화의 과정은 세 가지의 다른 작용에 의해 구성된다. 즉 두 눈의 정렬, 양안 수렴 및 스테레오 정합의 세 가지 단계로 구성된다[12]. 이러한 사실에 기반을 두어 정확한 스테레오 정합을 위해서는 단안 정렬이 양안 수렴을 위해 먼저 고려되어져야 한다. 우리는 우선 카메라 각각의 영상에 2절에서 설명한 방법으로 돌출영역을 구해낸다. 즉, 각각의 카메라에서 들어온 입력영상으로부터 밝기정보, 윤곽선정보, 색정보 및 대칭성 정보를 구하고, 중심영역을 주변 영역보다 두드러지게 표현하는 On center off surround 및 정규화 과정등을 거쳐 밝기, 윤곽선, 색 및 대칭성에 대한 특징맵을 구한다. 이들 특징맵들의 통합된 정보를 얻기 위해 ICA 필터를 거쳐 돌출맵을 구한다[8]. 그리고, 이 돌출점들을 양안 수렴에 사용한다. 대부분의 스테레오 비젼 시스템들은 두 카메라 중의 어느 한 카메라를 주 카메라로 둔다. 그러나 인체는 이렇게 고정된 방식으로 입력 영상을 처리할 때 두 눈 중의 하나를 주된 눈으로 사용하지 않고 상황에 따라 주된 처리가 이루어지는 눈이 달라질 것이다. 제안된 알고리즘에서는 돌출맵을 통하여 얻어진 각각의 돌출영역 값을 비교하여 더 큰 값을 가지는 곳을 주 카메라로 설정하고 다른 한 쪽의 카메라는 주 카메라의 돌출점에 정렬되기 위한 부 카메라로 두었다.

영상의 폐색과 조명의 영향을 피하기 위해서 우리는 주 카메라의 돌출점과 부 카메라의 연속적인 돌출점들과의 y축 좌표의 차를 비교하였다. 왜냐하면 부 카메라의 연속된 돌출점들 중의 하나가 주 카메라의 돌출점과 일치 할 수 있기 때문이다.

양쪽의 돌출점들이 같은 영역임을 확증하기 위해서 우리는 돌출점들 각각의 IOR 영역을 비교한다. 만약 주 카메라의 IOR 영역이 부 카메라의 IOR 영역과 거의 일치한다면 우리는 양안 수렴을 이루는 최종 특이점으로서 간주한다. IOR 영역 각각의 비교를 위해서 우리는 IOR 영역이 가지는 영상 값들을 비교하였다.

4.2. 양안 수렴을 통한 거리 추정

양안 수렴이 성공적으로 이루어진 후에 우리는 거리에 대한 정보를 얻을 수 있다.

4.2.1. 수직 축의 방향과 거리의 추정

그림 4는 양안 수렴이 이루어 진 카메라를 위에서 바라 본 것을 보여준다.

먼저 우리는 왼쪽, 오른쪽 카메라 각각이 수평선과 이루는 각도를 구한다.

수평축에서의 시야 제한도(F)와 모터 엔코더의 분해능(U)을 고려했을 때 우리는 수평축의 시야 제한도에

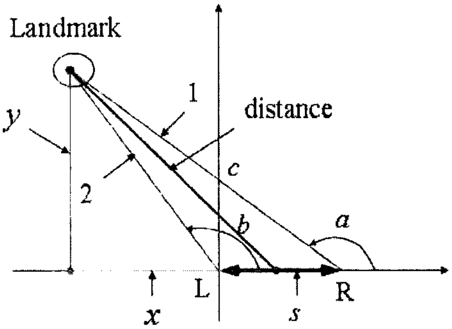


그림 4. 양안 수렴이 이루어진 카메라를 위에서 본 그림
L : 왼쪽 카메라 초점의 중심, R : 오른쪽 카메라 초점의 중심, a : 오른쪽 카메라 각도, b : 왼쪽 카메라 각도, c : 직선 1의 y절편, s : 두 카메라 초점 사이의 거리, 1과 2 : 양안 수렴이 이루어진 지점에 대해 왼쪽과 오른쪽 각각의 카메라가 이루는 직선, distance : 실제 거리

Fig. 4. Top view of verged cameras.
L : left camera focus center, R : right camera focus center, a : right camera angle, b : left camera angle, c : an intercept of the line 1, s : the distance between the two cameras focus, 1 and 2 : straight line from right and left cameras to a landmark, distance : real distance.

대한 엔코더 값(E)을 얻을 수 있다. 식 4는 엔코더 값(E)을 나타낸다. 이 엔코더 값은 식 5에서 보인 것처럼 한 특이점에 정렬된 카메라에 대한 수평축 모터의 엔코더 값(x_t)을 계산하는데 사용된다. 식 5에서 R은 영상의 x축 분해능을 나타내고 T는 특이점의 x축 좌표값을 나타낸다. 특이점으로 각각의 카메라를 움직이기 위한 각도(x_d)는 식 6에 의해 표현된다. 결과적으로 각도 a와 b는 식 6에 의해서 얻어진다.

$$E = (F \times 360^\circ)/U \tag{4}$$

$$x_t = -E + (E \times T)/R \tag{5}$$

$$x_d = 90^\circ - (R \times x_t)/U \tag{6}$$

수직 축의 거리(y)는 다음의 수식들에 의해서 얻어진다.

$$\tan(a)\cdot x - s\cdot \tan(a) = y \tag{7}$$

$$\tan(b)\cdot x = y \tag{8}$$

$$y = \frac{\tan(a)\cdot\tan(b)}{\tan(a)-\tan(b)}\cdot s \tag{9}$$

식 7과 8은 각각 카메라와 특이점 사이의 직선의 방정식을 나타낸다. 식 9는 그림 4에서 보인 y의 거리를 얻는 방정식이다.

4.2.2. 실제 거리의 추정

그림 5는 그림 4에서 보인 실제 거리를 얻기 위한 세 가지 경우를 보여준다. 만약 a와 b 각각의 각도가 90도 이상이라면(case 1), 실제 거리는 $\sqrt{x'^2+y^2}$ 이며 이때 $x = y/\tan(b)$이고 $x' = |\, y/\tan(b)\,| + s/2$이다. 만약 a와 b 각각의 각도가 90도 보다 작다면(case 2), 실제거리는 y와 거의 같게 된다. 양안 수렴이 이루어지는 곳이 매우 가깝지 않다면 발생하는 오차가 매우 작기 때문이다. 만약 a와 b 사이의 각도가 90도 보다 작다면(case 3), 실제 거리는 $\sqrt{x''^2+y^2}$ 이며 이때 $x = y/\tan(b)$ 이고 $x'' = |\, y/\tan(b)\,| - s/2$가 된다.

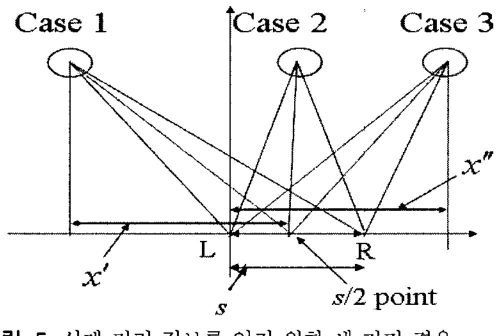


그림 5. 실제 거리 정보를 얻기 위한 세 가지 경우
Fig. 5. Three cases of obtaining the real depth information.

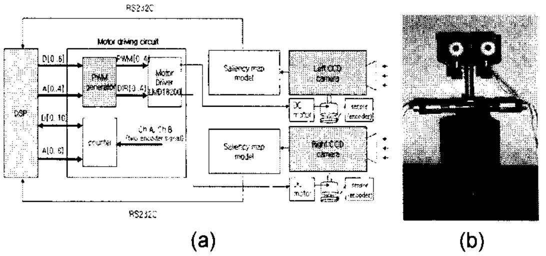


그림 6. 능동 스테레오 감시 시스템의 하드웨어 구성; (a) 블록 선도, (b) 구성된 하드웨어 시스템
Fig. 6. The hardware construction of active stereo surveillance system; (a) Block diagram and (b) The implemented hardware system.

5. 하드웨어 구성

그림 6의 (a)는 구성된 능동 스테레오 감시 시스템의 블록 선도를 보여주며 (b)는 구성된 능동 스테레오 감시 시스템의 실제 모습을 보여준다.

우리는 두 개의 CCD 형태의 카메라를 이미지 센서로 사용하였고 MIL image grabber를 사용하여 카메라 각각에서 영상을 얻었다. IBM PC안에 Visual C++를 사용하여 구현된 돌출맵 모델을 통하여 특이점을 찾고 이를 RS232C 직렬 통신을 통하여 DSP 보드로 전송한다. PID 컨트롤러는 두 카메라를 제어하여 양안 수렴을 이루는데 사용되었으며 엔코더는 DC 모터에 연결된 CCD 카메라의 위치 센서로 사용되었다.

6. 실험 결과

그림 7의 (a)와 (b)는 주 카메라와 부 카메라에서의 돌출영역을 각각 보여준다. 그리고 그림 7의 (d)와 (e)는 IOR 기능이 적용된 돌출맵을 보여준다. 이 그림에서 보인 것처럼 주와 부 카메라에 대한 돌출 영역의 y 좌표 값들은 거의 동일하지만 IOR 영역은 다르게 나타난다. 이러한 경우에 우리는 동일한 y 좌표 상에 있는 부 카메라의 다음 IOR 영역을 주 카메라 IOR 영역과 비교한다. 그림 7(c)와 (f)는 각각 부 카메라의 두번째 돌출 영역과 IOR 영역을 보여준다. 그림 (d)와 (f)를 비교해 보았을 때 IOR 영역이 거의 일치하는 것을 볼 수 있고 결과적으로 양안 수렴을 이루는 특이점을 얻을 수 있게 된다.

그림 8과 9은 실제 영상과 사진을 구별하는 과정을 보여준다. 그림 8과 9에서 (a)는 비젼 시스템에 입력으

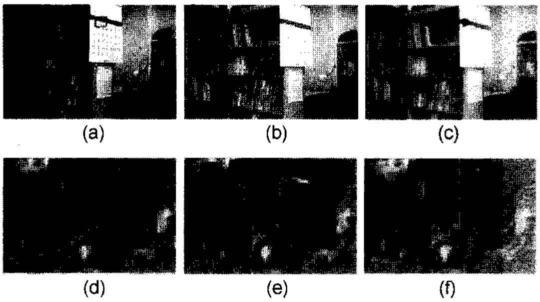


그림 7. IOR 영역 비교에 의한 특이점의 검증; (a) 주 카메라의 돌출 영역, (b) 부 카메라의 돌출 영역, (c) 부 카메라의 두 번째 돌출 영역, (d) 주 카메라의 IOR 영역, (e) 부 카메라의 IOR 영역, (f) 부 카메라의 두 번째 돌출 영역

Fig. 7. The verification of a landmark by comparing the IOR regions; (a) The salient region of the master camera, (b) The salient region of the slave camera, (c) The second salient region of the slave camera, (d) The IOR region of salient region in the master camera, (e) The IOR region of salient region in the slave camera, and (f) The IOR region of the second salient region in the salve camera.

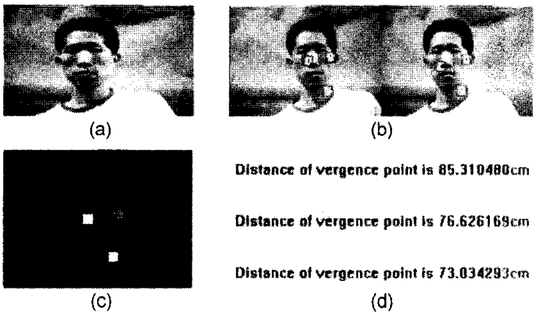


그림 8. 실제 영상의 거리맵 형성; (a) 실제 영상, (b) 세 개의 특이점 형성, (c) 구성된 거리맵, (d) 정량적으로 측정된 거리 정보

Fig. 8. The depth map formation of real image; (a) real image, (b) The result of three landmark formation, (c) The formation of depth map, and (d) The measurement of depth information.

로 들어가는 실제 영상과 사진을 각각 나타내며 (b)는 3개의 특이점이 얻어 진 것을 보여준다. 또한 (c)는 그 때 얻어진 거리맵을 각각 보여주며 (d)는 정량적으로 측정된 거리를 각각 보여준다. (c)와 (d)의 결과를 보면 실제 영상인 경우 특이점들의 거리가 각각 다르지만 사진인 경우에는 특이점들 간의 거리가 거의 비슷한 것을 볼 수 있다. 이를 통하여 구성된 감시 시스템이 실제 영상과 사진을 잘 구별하는 것을 볼 수 있다. 그

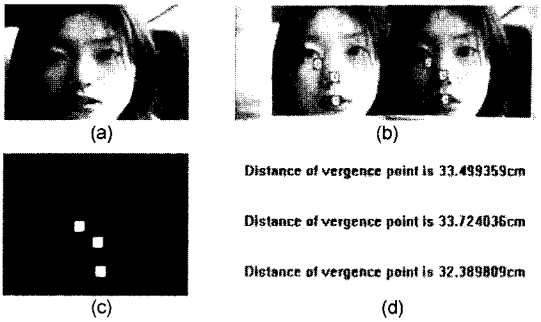


그림 9. 사진 영상의 거리맵 형성; (a) 사진 영상, (b) 세 개의 특이점 형성, (c) 구성된 거리맵, (d) 정량적으로 측정된 거리 정보

Fig. 9. The depth map formation of photograph; (a) photograph, (b) The result of three landmark formation, (c) The formation of depth map, and (d) The measurement of depth information.

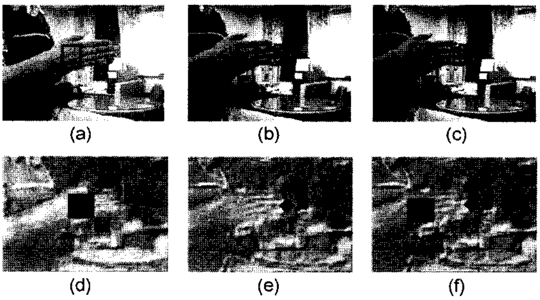


그림 10. 폐색 영역에서 IOR 영역의 비교에 의한 특이점의 검증; (a) 주 카메라의 가장 돌출된 영역, (b) 부 카메라의 가장 돌출된 영역, (c) 주 카메라의 두 번째 돌출 영역, (d) 주 카메라의 가장 돌출된 영역에서의 IOR 영역, (e) 부 카메라의 폐색 영역에서의 IOR 영역과 돌출 영역에서의 IOR 영역, (f) 주 카메라의 두 번째 돌출 영역에서의 IOR 영역

Fig. 10. The verification of a landmark by comparing the IOR regions in occlusion region; (a) The most salient region of the master camera, (b) The most salient region of the slave camera, (c) The second salient region of the slave camera, (d) The IOR region of most salient region in the master camera, (e) The IOR region of occlusion region and the IOR region of the most salient region in the slave camera, and (f) The IOR region of the second salient region in the master camera.

림 10은 폐색 영역이 있을 경우의 양안 수렴 과정은 보여준다. 그림 10(a)는 주 카메라의 돌출 영역을 나타내며 그림 10(b)는 부 카메라의 돌출 영역을 나타낸다. 양쪽 카메라에서 폐색 영역이 있을 경우 주 카메라의

돌출 영역과 폐색 지역에서의 먼저 IOR 영역을 비교한다. 만약 그 값이 다를 경우 주 카메라에서 그 다음 돌출 영역의 IOR 영역과 부 카메라의 돌출 영역의 IOR 영역을 비교하고 그 값이 최소가 될 경우 양안 수렴을 이루는 것으로 간주한다. 그림 10(d)는 주 카메라의 IOR 영역을 보여주고 그림 10(e)는 부 카메라의 폐색 지역과 돌출 영역에서의 IOR 영역을 동시에 보여준다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 주 카메라의 IOR 영역과 폐색 영역의 IOR 영역이 상이하다. 그림 10의 (f)에서 볼 수 있는 것처럼 주 카메라의 두 번째 돌출 영역에서의 IOR 영역이 부 카메라의 IOR 영역과 거의 일치하므로 특이점으로 간주한다. 그림 10의 (c)는 이러한 과정을 통해 양안 수렴을 위한 특징점이 수정되는 과정을 보여준다.

7. 결 론

이 논문에서는 인체의 상향식 주의 집중 시각 기능을 가지는 능동 스테레오 감시 시스템을 제안하였다. 제안한 모델은 인체의 망막으로부터 시각 피질까지의 생물학적인 시각 처리 경로를 반영한 돌출맵을 사용하였다. 능동 스테레오 감시 시스템에 돌출맵을 적용하여 특이점의 형성 및 IOR 영역을 비교하여 양안 수렴이 이루어지는 곳을 확증하였다. 또한 거리 정보를 얻어냄으로써 실제 영상과 사진 영상을 구별 할 수 있는 시스템을 구성하였다. 구성된 시스템은 주어진 영상을 통해 계속적으로 감시 활동을 수행하며 사진을 제시 하였을 경우 실제 영상이 아님을 간파해 낸다. 실험 결과를 통하여 구성된 시스템이 잘 동작함을 보였으며, 기존의 스테레오 영상 시스템에서 해결하기 힘든 폐색영역 문제까지 해결할 수 있음을 보였다.

향후 움직임에 대한 감지와 인체의 하향식 기능이 보강된 감시 시스템에 대한 연구가 필요하다.

Acknowledgment

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2002-D120303-E00047).

참고 문헌

[1] V. Navalpakkam and L. Itti, "A Goal Oriented Attention Guidance Model", BMCV 2002, LNCS 2525, pp. 472-479, 2002.

[2] E. Krotkov, "Exploratory Visual Sensing for Determining Spatial Layout with an Agile Stereo Camera System", *University of Pennsylvania Ph.D. Disssertation also available as a Tech. Rep. MS-CIS-87-29*, 1987.

[3] A.L. Abbott and N. Ahuja, "Surface Reconstruction by Dynamic Integration of Focus, Camera Vergence, and Stereo", *IEEE International Conference Computer Vision*, pp. 532-543, 1988.

[4] J. Yamato, "A Layered Control System for Stereo Vision Head with Vergence", *IEEE International Conference. Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 2, pp. 836-841, 1999.

[5] J. Peng, A. Srikaew, M. Wilkes, K. Kawamura, and A. Peters, "An Active Vision System for Mobile Robots", *IEEE International Conference Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 2. pp. 1472-1477, 2000.

[6] A. Bernardino and J. Santos-Victor, "Vergence Control for Robotic Heads Using Log-Polar Images", *IEEE/RSJ International Conference Intelligent Robots and Systems*, vol. 3, pp. 1264-1271, 1996.

[7] J. Conradt, M. Pescatore, S. Pascal, and P. Verschure, "Saliency Maps Operating on Stereo Images Detect Landmarks and their Distance", *ICANN*, 2002.

[8] S.J. Park, J.K. Shin, and M. Lee, "Biologically Inspired Saliency Map Model for Bottom-up Visual Attention", *BMCV 2002. LNCS 2525*, pp. 418-426, 2002.

[9] A. M. Treisman and G. Gelde, "A Feature-Integration Theory of Attention, Cognitive Psychology", vol. 12. no. 1. pp. 97-136, 1980.

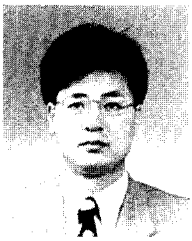
[10] C.J. Park, W.G. Oh, S.H. Cho, and H.M. Choi, "An Efficient Context-Free Attention Operator for BLU Inspection of LCD", *IASTED SIP.*, pp. 251-256, 2000.

[11] S.J. Park, K.H. An, and M. Lee, "Saliency Map Model with Adaptive Masking Based on Independent Component Analysis", *Neurocomputing*, vol. 49, pp. 417-422, 2002.

[12] F. Thorn, J. Gwiazda, Antonio A.V. Cruz, Joseph A. Bauer, and H. Held, "The Development of Eye Alignment, Convergence, and Sensory Binocularity in Young Infants", *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, vol. 35, pp. 544-553, 1994.

정 범 수

• 1975년 6월 28일생
• 2002년 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부 졸업 (공학사)
• 2004년 경북대학교 대학원 전자공학과 석사과정
현재 LG이노텍 연구원
• 주관심분야 : 인간의 선택적 주의 집중 시각 기능을 모방한 감시 시스템의 개발



이 민 호

• [센서학회지 제12권 제2호] 논문 2003-12-2-01 pp.65 참조