

스테레오 비전 시스템에서 시차정보와 픽셀 유사도를 이용한 표적물체 추출

정회원 이재수*, 서춘원*, 김은수**

Extraction of Target Object using Disparity Information and Pixel Similarity in the Stereo Vision system

Jae-soo Lee*, Choon-weon Seo*, Eun-soo Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문은 스테레오 시차정보를 이용하여 스테레오 비전 시스템에서 표적물체의 영역 및 위치를 구하고, 표적물체를 제외한 배경을 분리함으로써 표적물체 영역을 효과적으로 추출할 수 있는 새로운 알고리즘을 제시하였다. 즉, 제안한 알고리즘은 스테레오 비전 시스템에서 얻어지는 양안시차 정보와 각 픽셀의 유사도를 이용하여 1차적으로 배경을 분리한 후 그 결과에 히스토그램을 적용하여 최종적으로 표적물체 영역을 추출하였다.

실험 결과 제안한 알고리즘은 스테레오 입력 영상에서 배경잡음과 관계없이 표적 물체영역을 추출할 수 있었고, 이의 구현으로 스테레오 원격작업 시스템이나 적응적인 스테레오 물체 추적기 등의 구현 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a new algorithm that can be acquired area and coordinates of the target object using information of a stereo disparity in the stereo vision system, and can extract efficiently area of a target object by eliminating a background except the target object. The proposed algorithm eliminates the background from stereo input image using information of a binocular disparity and similarity of a neighbor pixel at first, and extract the area of the target object from input image by applying the histogram to this results.

From the experimental results, the proposed algorithm is found to extract the area of the target object from input image independent of the background noise in the stereo input image, and a possibility of implementation of the stereo tele-working and adaptive stereo object tracker using the proposed algorithm is also suggested.

I. 서론

인간은 문명의 발달과 더불어 예전에 상상도 하지 못했던 복잡하고 다양한 환경에서 생활하며 살아가고 있다. 이와 같은 복잡 다양한 환경의 작업은 사람의 손쉬운 접근을 허용하지 않음은 물론이고, 환경의 인지 및 판단이 어려워 일반적인 환경에서의 작업에 비해 위험하고 작업 능률이 떨어지는 등

많은 어려움이 내재되어 있어 원격작업과 로봇 등을 이용하여 작업을 수행하는 일들이 찾아지고 있다.

이러한 복잡하고 위험한 환경의 작업에서는 작업 장소에 사람이 없더라도 작업 현장에서 직접 작업하는 것처럼 느끼도록 해야 한다. 결국 이와 같이 원격작업과 자동물체 추적 등의 시스템을 이용한

* 김포대학 전자정보계열 (jslee@kimpo.ac.kr)

** 광운대학교 국가지정 3차원 영상미디어 연구실 (eskim@kwangwoon.ac.kr)

논문번호 : 010026-0306, 접수일자 : 2001년 3월 6일

※ 본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업의 지원으로 수행되었습니다.

작업은 인간 시각계를 모방한 스테레오 시각 장치를 이용함으로써 작업자가 현장의 상황이나 작업 전개를 보다 명확하게 인지 수 있으므로 작업 효율을 극대화 할 수 있다. 특히, 심해저, 우주 공간 및 고 방사선 구역 등의 극한 작업 환경이나 무인감시 시스템, 공장 자동화, 지능형 교통 시스템 등 다양한 산업 분야에서 쉽게 표적물체를 검출하고 추적할 수 있는 스테레오 비전 시스템에 대한 필요성이 날로 증가되고 있으며, 일부는 이미 실용화가 추진되고 있는 실정이다.

스테레오 비전 시스템^[1]은 사람의 눈 구조와 같이 좌우 두 눈 사이의 양안시차 (binocular disparity)에 의해 입체감을 느낄 수 있게 하는 시스템이다. 따라서 스테레오 로봇 비전 기술을 이용한 원격작업 및 물체추적은 로봇에게 사람과 같은 입체 시각을 부여하여 특수 환경에서 입체적인 작업 처리가 가능하게 하는 시스템으로 2차원 영상에 비해 30% 이상의 작업 효율을 높여주는 것으로 알려져 있다.

그리고 스테레오 영상처리에서는 스테레오 비전 시스템의 특징 등으로 3차원 정보를 추출하여 3차원 물체를 찾아내는 것이 기본적인 과제라 할 수 있다. 즉, 스테레오 쌍의 2차원 영상으로부터 3차원의 깊이 정보 및 시차정보를 추출^[2]할 수 있다면 표적물체의 검출뿐만 아니라 표적물체의 위치 정보를 구하는데 이용할 수 있으므로 스테레오 원격작업이나 스테레오 물체추적 시스템 등에 사용할 수 있다. 즉, 이동물체 추적 시스템에서는 스테레오 입력 영상에 대한 분석을 통하여 표적물체를 검출하고, 표적물체의 위치 변화값을 계산하여 표적물체를 추적하거나 감시할 수 있게 된다.

기존의 영상처리에서 표적물체 검출은 대부분 2차원 순차 입력영상을 이용하여 이전 영상과 현재 영상사이의 관계 등으로부터 배경과 잡음을 제거하여 표적을 식별하는 방법을 사용해 왔다.

그러나 이동 중인 원격작업 시스템이나 이동물체 추적 시스템에서는 대부분 복잡한 배경이 존재하고 입력영상에서 배경의 변화가 많으므로 이동하는 표적 물체를 추출하는데 많은 어려움이 있다. 특히, 동일한 표적일지라도 배경에 따라 표적 물체의 상대적 명암이 바뀔 수 있고, 다른 물체나 다른 표적에 의해 가려질 수 있는 등의 주위환경 변화에 능동적으로 대처해야 되는 어려움이 있다.

일반 영상처리에서 표적 물체를 추출하기 위한 방법으로는 전,후 프레임의 비교에 의한 차영상 방법(image difference)^{[3][4]}, 사전에 정의된 특정적인

모델의 특징을 이용하는 모델기반(model-based)의 방법, 광류에 의한 방법(optical flow)^[5] 및 블록에 기반한 방법(block matching)^{[6][7]} 등이 연구되고 있다.

차영상에 의한 방법은 연속되는 영상의 차를 통해 추적 물체를 추출하는 방법으로 카메라 이동에 의한 배경 영상의 변화 잡음처리에 문제가 있다. 모델 기반에 의한 방법은 입력되는 영상이 미리 저장된 모델의 물체와 달리 상대적 명암이나 약간 변형되는 경우에는 매칭에 대한 어려움의 제약이 있다. 또한 광류에 의한 방법은 국부적인 시공간 경사와 속도 사이 관계에 의한 것으로 주변의 환경에 민감하고 물체의 이동 속도가 매우 느려야하는 단점이 있다. 그리고 블록에 기반한 방법은 전,후 프레임의 입력영상 크기를 블록으로 나눈 후에 각 블록간에 비교하여 움직임을 추정하는 방법으로 가장 부합되는 블록을 찾기 위한 계산량과 전,후 프레임의 배경에 변화가 있는 경우에는 이동 물체를 추출하기가 어려운 단점이 있으나 고속 블록매칭에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

또한, 스테레오 시차를 이용하여 배경을 분리^[11]하는 연구에서는 스테레오 시차 이외에 모폴러지 서클 필터와 스테레오 카메라 시스템의 특징들을 이용하였지만 많은 부분에 잡음이 존재하고 있으며, 스테레오 영상에서 깊이 정보(Depth-driven)와 모서리 정보(Edge detection) 등을 이용한 연구^[12]에서는 7가지 이상의 알고리즘 적용과 단순한 영상에 대하여 모서리 영역을 추출하는 연구를 진행하고 있다.

따라서 본 논문에서는 스테레오 비전 시스템의 특징인 양안시차 정보 등을 이용하여 표적물체를 분리하기 위한 방법을 제시하였다. 기존에 스테레오 영상에서 스테레오 매칭시 발생하는 오정합 문제 등에 의해 배경분리의 문제점들이 많아 표적물체 영역을 추출하는데 어려움이 많았다.

그러나 제안한 알고리즘은 스테레오 비전 시스템에서 얻어지는 양안시차 정보와 블록의 유사도를 이용하여 배경잡음을 제거하고, 히스토그램을 적용하여 최종적으로 표적물체 영역을 쉽게 추출하였다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 스테레오 입력 영상에서 전경 및 배경잡음 등을 효과적으로 제거할 수 있어 표적 물체영역을 쉽게 추출할 수 있었으며, 이 알고리즘을 시스템적으로 구현할 경우에는 스테레오 원격작업 시스템이나 적응적인 스테레오 물체 추적이 등의 구현 가능성을 제시하였다.

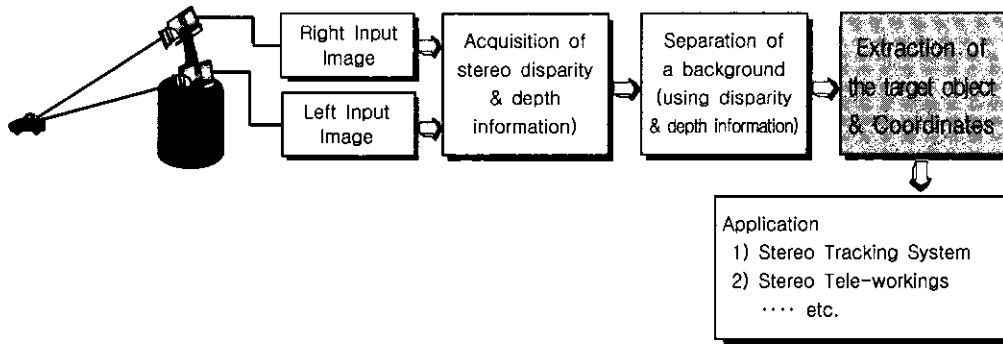


그림 1. 스테레오 비전 시스템의 작업과정

II. 스테레오 비전 시스템

스테레오 비전 시스템의 궁극적인 목표는 사람의 시각 구조와 같은 시스템을 구현하는데 있으며, 이를 구현하기 위해서는 입력된 영상 정보로부터 3차원 물체를 찾아내거나 인식하는 과정이 우선적으로 필요하다.

일반적으로 3차원 물체인식은 스테레오 쌍인 2차원 영상으로부터 스테레오 시차 및 깊이 정보를 추출하여 이용하게 되는데, 이를 스테레오 비전 시스템이라고 한다.

스테레오 비전 시스템에서의 작업과정은 그림 1에서처럼 사람과 같은 입체 시각구조^[8]를 통하여 입체 영상을 획득하는 입체 영상기술, 입력 영상으로부터 3차원 정보를 획득하여 표적 물체를 인지하는 물체 인식기술, 추출된 표적물체를 이용하여 스테레오 원격작업 및 스테레오 물체추적^{[7][9]} 등에 응용하는 스테레오 비전 응용기술로 분류할 수 있다.

일반적으로 스테레오 비전 시스템은 카메라의 설정요소, 스테레오 정합 및 시차 정보, 깊이 정보의 보간(depth interpolation) 등에 의해 영상처리가 이루어진다. 즉, 스테레오 카메라의 설정요소와 좌우 영상을 투영한 에피폴라 라인에서 좌,우 영상의 스테레오 정합 및 삼각 측량법(triangulation)에 의해 스테레오 시차 및 거리 정보^[10]를 구할 수 있게 된다.

1. 카메라의 구성요소를 이용한 물체거리 측정

예를 들어 그림 2에서, 카메라의 구성요소와 광축에 위치한 물체(P_0)까지의 거리(y)를 알면, 전경(P_1)과 배경(P_2)에 존재하는 물체까지의 거리(depth)를 (x, z) 알 수 있다.

그림 2는 스테레오 영상 촬영시 각 물체의 위치관계를 나타낸다. 위치관계를 간략화하기 위해서 각 점(P_0, P_1, P_2)은 일직선상에 있으며 카메라 간격을 $2I$, 각도는 라디안으로 표시하고 두 카메라의 광축은 P_0 에서 일치한다고 가정하자.

두 카메라의 광축 교점 P_0 와 좌측카메라 사이의 폭주각을 β , 좌측 카메라와 물체 P_1 사이의 시차각을 γ 라하고 물체 P_2 의 시차각을 α 라 하자. 그림 2에서 좌측 카메라의 입력 영상과 각 물체의 위치관계를 살펴보면 그림 3과 같다.

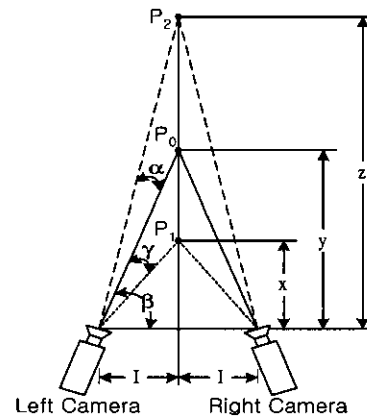


그림 2. 스테레오 카메라 모델

각 θ 는 카메라 최대 가지각도를 나타낸다. 그림 2에서 각 점(P_0, P_1, P_2)의 폭주각 및 시차각과 거리에 대해 정리하면 식 (1), (2), (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{z}{I} \quad (1)$$

$$\tan \beta = \frac{y}{I} \quad (2)$$

$$\tan(\beta - \gamma) = \frac{x}{I} \quad (3)$$

식 (1), (2), (3)에서 β 를 소거하고 z 와 x 에 대해 풀면 식 (4), (5)를 얻을 수 있다.

$$z = \frac{I(I \tan \alpha + y)}{I - y \tan \alpha} \quad (4)$$

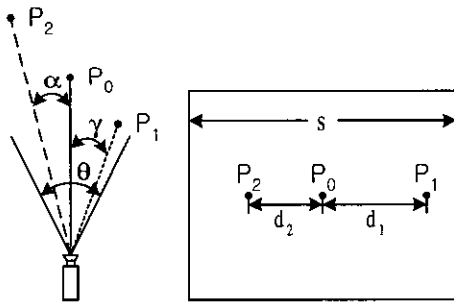
$$x = \frac{I(y - I \tan \gamma)}{I + y \tan \gamma} \quad (5)$$

그림 3에서 스크린이 구면이라고 가정하고 각 점 사이의 관계식을 살펴보면 식 (6), (7)과 같다.

$$\frac{S}{d_2} = \frac{\theta}{\alpha} \quad (6)$$

$$\frac{S}{d_1} = \frac{\theta}{\gamma} \quad (7)$$

식 (6), (7)에서 α 와 γ 로 정리하고 이를 식 (4), (5)에 대입하면 식 (8), (9)을 얻을 수 있다.



Left Camera Left camera image
그림 3. 좌측 카메라의 입력영상 위치관계

$$z = \frac{I\{\tan(\theta \cdot d_2/S) + y\}}{I - y \tan(\theta \cdot d_2/S)} \quad (8)$$

$$x = \frac{I\{y - \tan(\theta \cdot d_1/S)\}}{I + y \tan(\theta \cdot d_1/S)} \quad (9)$$

식 (8), (9)에서 보는 바와 같이 영상의 위치관계와 카메라의 구성 파라미터에서 각 물체의 거리 관계식을 구할 수 있다. 이 관계식을 이용하여 각 물체의 거리를 계산한 후 거리 통계와 영상에서의 위치를 분석하여 배경영역을 알아낼 수도 있다.

2. 에피폴라 라인의 스테레오 정합에 의한 시차 추출

그림4에서 좌,우측 영상은 좌,우측 카메라의 광축이 교차하는 영상평면(image plane)에 영상의상이 땀히게 된다. 그리고 영상 평면의 뒤쪽에 위치하는 배경(background) 물체 P₂, 영상평면과 일치하는 위치(광축에 위치)의 물체 P₀ 및 영상 평면의 앞쪽에 위치하는 전경(foreground) 물체 P₁이 존재하고, 카메라 설정시 수직방향의 시차 없도록 구성하였다고 가정하자.

영상평면을 P₀, P₁과 P₂의 에피폴라 라인(epipolar line) X로 정의하고, 각 물체면에서 좌·우측 영상의 스테레오 시차를 구해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} D_{P_2} &= (P_{0R} - P_{0L}) \\ D_{P_1} &= (P_{1R} - P_{1L}) \\ D_{P_0} &= (P_{2R} - P_{2L}) \end{aligned} \quad (10)$$

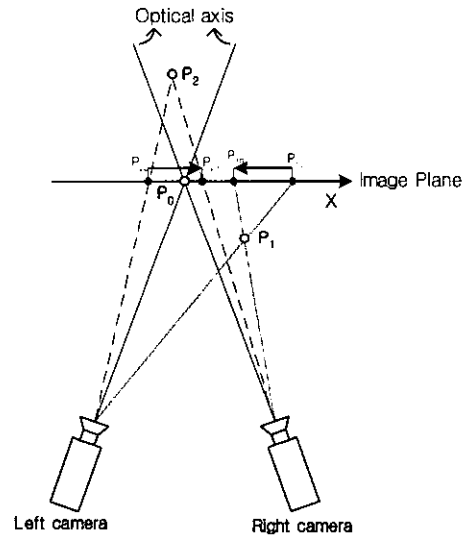


그림 4. 스테레오 입력영상의 투영

여기에서 영상평면과 일치하는 물체 P₀의 시차는 0($P_{0R} = P_{0L}$, $\therefore D_{P_0} = 0$)이 되고, 영상평면보다 앞쪽에 위치하는 전경 P₁과 영상평면보다 뒤쪽에 위치하는 배경 P₂의 시차는 서로 반대 방향으로 존재한다. 즉, 좌측영상을 기준으로 우측영상에 대한 시차를 추출하였을 때, P₁은 음의 값을 가지고 P₂는 양의 값을 가진다. 따라서 이 시차값을 이용해 전경(P₁)과 배경(P₂)을 분리할 수도 있다. 또한 에피폴라 라인 상에 있는 물체들도 같이 존재하게 되므로 다른 방법을 사용하여 중앙의 표적 물체만 분리하여야 한다.

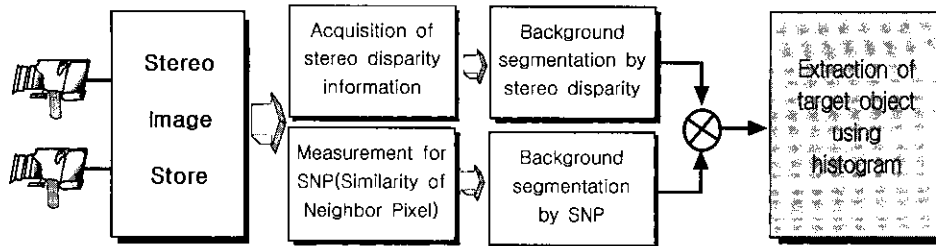


그림 5. 제안한 표적물체 추출 알고리즘

Ⅲ. 스테레오 영상에서 표적물체 검출 알고리즘

일반 영상처리에서 표적물체를 추출하기 위한 정합 및 상관 기법들은 배경의 복잡성이나 물체와 배경의 분리 정도에 따라 성능이 크게 달라진다. 즉, 다양한 배경의 2차원 영상에서는 표적물체의 분리가 쉽지 않거나 오류를 포함하여 분리되므로 성능이 크게 떨어진다.

그러나 스테레오 비전 시스템의 특징을 이용하여 표적물체를 분리할 경우에는 성능을 크게 개선시킬 수 있다. 즉, 스테레오 입력 영상에서 3차원 정보를 구하고 스테레오 카메라의 구성 파라미터를 이용하면, 복잡한 배경에서도 좀더 쉽게 분리할 수 있으므로 표적물체의 분리성능을 보다 향상시킬 수 있게 된다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 그림 5에서처럼 1단계로 좌·우측의 스테레오 입력영상에서 스테레오 시차를 구하여 스테레오 시차가 큰 영역은 배경(혹은 전경)으로 간주하여 제거할 블록을 버퍼에 저장한다.

동시에 입력영상의 임의의 블록에서 이웃한 픽셀 간에 유사도(SNP, Similarity of Neighbor Pixel)를 구하여 블록내에서 물체가 있는지를 구별하였다. 유사도에 의해 이웃한 화소들이 유사한 것으로 판명이 나면 블록내에 임의의 물체가 없는 것으로 간주하여 제거 가능한 블록으로 버퍼에 저장한다.

다음 2단계로 앞단에서 구해서 저장한 제거블록을 원래의 입력영상에 적용하여 배경들을 제거한다. 마지막 3단계는 전단에서 구한 영상의 x,y축에 히스토그램을 적용하여 표적 물체의 영역의 좌표를 구하여 이 영역을 입력 영상의 좌표에 적용하여 표적물체를 구하게 된다.

1. 스테레오 시차추출

일반적으로 실시간 입체 원격작업이나 스테레오

물체추적 등에서는 표적 물체가 광축의 교점, 즉 스테레오 입력 영상의 중앙부근에 있으므로 시차가 거의 없는 반면, 배경 또는 전경들은 시차가 크게 나타난다고 볼 수 있다. 즉, 식(10)에서처럼 스테레오 영상의 시차지도에서 광축의 교점은 시차값이 0이 되므로 표적물체는 영상의 중심부근에서 시차가 0에 가까운 값을 갖게 된다. 이 시차값이 배경을 분리하는데 임계값으로 사용된다. 따라서 이 임계값과 유사한 부분은 두 카메라의 광축의 교점에 가까이 위치하고, 임계값보다 큰 시차값들은 광축의 교점에서 멀리 떨어진 배경이나 전경들로 나타난다. 따라서 표적물체와 배경은 서로 다른 시차값을 갖고 있으며, 표적물체는 카메라 광축의 교점에 가까운 위치에 존재하므로 이러한 원리를 이용하여 배경분리 마스크를 만들 수 있다. 그리고 이 배경분리 마스크와 입력 영상과 곱하여 배경을 분리할 수 있게 된다.

$(8a+0, 8b+0)$	$(8a+1, 8b+0)$	...	$(8a+6, 8b+0)$	$(8a+7, 8b+0)$
$(8a+0, 8b+1)$	$(8a+1, 8b+1)$	...	$(8a+6, 8b+1)$	$(8a+7, 8b+1)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$(8a+0, 8b+6)$	$(8a+1, 8b+6)$	...	$(8a+6, 8b+6)$	$(8a+7, 8b+6)$
$(8a+0, 8b+7)$	$(8a+1, 8b+7)$	...	$(8a+6, 8b+7)$	$(8a+7, 8b+7)$

그림 6. $BD_L(a, b)$ 블록의 좌표

본 논문의 실험에 사용된 입력 영상의 해상도 및 블록크기 값을 비교하면서 스테레오 시차를 구하는 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

256x256 픽셀 입력영상의 각 픽셀(Pixel)에서 좌측 영상을 기준으로 우측 영상간에 시차를 구하기

위한 블록을 $BD(a,b)$ ($BD=$ Block of Disparity)라고 하자. 여기에서 a,b 의 범위는 $a=0\sim(255-N_x)$, $b=0\sim(255-N_y)$ 이고, N_x, N_y 는 시차를 구하기 위한 영상블록의 크기(본 논문에서는 8×8 픽셀)이다.

블록단위로 시차를 구하기 위해 좌측영상을 기준으로 좌측 임의의 블록 $[BD_L(a,b)]$ 을 다음과 같이 할당할 수 있다.

또한 우측영상의 블록 $[BD_R(i,j)]$ 도 N_x, N_y 크기의 블록이고, $i=0\sim(255-N_x), j=0\sim(255-N_y)$ 으로 나타낼 수 있다.

따라서 좌측영상을 기준으로 우측영상 한 라인 ($0\sim 255$ 픽셀)에 대하여 일치하는 블록을 구하여 시차를 구하면 된다.

좌측 영상의 기준블록과 우측 영상의 비교 블록간에 일치 정도를 구하는 식(DMB, Degree of Matching Block)은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$DMB(a, b, k) = \sum_{j=0}^{N_y-1} \sum_{i=0}^{N_x-1} |BD_R(k+i, b+j) - BD_L(a+i, b+j)| \quad (11)$$

여기에서 k 는 우측 영상내 비교블록의 x 축 좌표를 나타내며, $k=0\sim(255-N_x)$ 의 범위가 된다.

좌측 영상의 기준블록 $[BD_L(a,b)]$ 과 일치하는 우측의 비교블록 $[BD_R(k+i, b+j)]$ 간에 일치도 $[DMB(a, b, k)]$ 값이 가장 작은 블록 $[DMB(a, b, k)_{min}]$ 의 k 값이 좌측 블록과 일치하는 우측 블록이 된다.

$$BD_L(a, b) \approx DBM(a, b, k)_{min} \quad (12)$$

식(12)로 부터 좌측영상을 기준으로 우측 영상과 일치하는 k 값을 이용해 시차 $[DSPT, Disparity]$ 를 구해보면 다음과 같다.

$$DSPT(a, b) = |a - k| \quad (13)$$

식(13)을 이용해 기준 영상인 좌측영상 $[BD_L(a,b)]$ 에 각 픽셀 단위 절댓값의 시차지도를 구하여 시차가 크게 나타나는 픽셀은 배경으로 간주하여 제거할 수 있다

$$BD_L(a, b) = \begin{cases} 1 \text{ [보존]}, & DSPT(a, b) < th \\ 0 \text{ [제거가능]}, & otherwise \end{cases} \quad (14)$$

여기에서 비교 라인에 배경이 존재하지 않을 경

우에는 스테레오 시차값에 오차가 생길 수 있다. 그러나 이 오차는 다음에 구하는 이웃 픽셀간의 유사도에 의해 배경이 존재하지 않는 블록으로 간주하여 제거되므로 문제가 되지 않는다.

2. 이웃 픽셀간의 유사도 추출

다음에는 블록내에서 이웃한 화소간에 유사도(SNP, Similarity of Neighbor Pixel)를 구하여 이웃한 화소간 변화가 없는 블록은 경우에 따라서 단순 배경으로 간주하여 제거 가능한 블록으로 버퍼에 저장한다.

예를 들어 256×256 영상을 8×8 블록으로 분리하면 32×32 개의 $SNP(a,b)$ [$a = b = 0\sim 31$] 블록을 갖게 된다.

임의의 $SNP(a,b)$ 블록인 8×8 블록 내에서 이웃한 픽셀들의 유사도를 검사해보자.

SNP(0,0)	SNP(1,0)	...	SNP(6,0)	SNP(7,0)
SNP(0,1)	SNP(1,1)	...	SNP(6,1)	SNP(7,1)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
SNP(0,6)	SNP(1,6)	...	SNP(6,6)	SNP(7,6)
SNP(0,7)	SNP(1,7)	...	SNP(6,7)	SNP(7,7)

그림 7. $SNP(a,b)$ 블록 표

$SNP(a,b)$ 블록 내에서 각 픽셀의 세기를 PI (Pixel Intensity)로 정의하면 다음과 같다.

$$PI(8a+i, 8b+j) \quad (15)$$

i, j 는 SNP 블록내의 픽셀 크기로 $i=0\sim(N_x-1), j=0\sim(N_y-1)$ 즉, $i=j=0\sim 7$ 이며, a,b 는 SNP 블록의 개수로 $a=b=0\sim 31$ 까지의 범위이다.

우선 $SNP(a,b)$ 블록내에서 픽셀 세기의 평균값 $[AVE_{SNP}(a,b)]$ 을 구해보면 다음과 같다.

$$AVE_{SNP}(a, b) = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{j=0}^{N_y-1} \sum_{i=0}^{N_x-1} PI(8a+i, 8b+j) \quad (16)$$

여기에서, $AVE_{SNP}(a,b)$ 는 SNP 를 구하기 위한

블록내의 픽셀 세기의 평균값을 나타낸다. N_x, N_y 는 SNP 블록의 크기로 실험영상에서 8x8로 사용하였다.

$PI(8a+i, 8b+j)$ 는 SNP(a, b) 블록 내에서(8x8 블록) 각 픽셀의 세기값을 나타낸다.

SNP(a, b) 블록내 픽셀의 평균 세기와 각 픽셀의 세기 간에 오차를 구해보면 다음과 같다.

$$EPA(a, b) = \sum_{j=0}^{N_y-1} \sum_{i=0}^{N_x-1} |PI(8a+i, 8b+j) - AVE_{SNP}(a, b)| \quad (17)$$

여기에서 EPA(Error of Pixel and AVE_{SNP} intensity)는 각 픽셀의 밝기세기와 블록내의 평균 밝기 세기간에 절대오차 합이다. 따라서 EPA가 작으면 이웃화소들이 유사하고, 크면 이웃한 화소들간에 밝기의 세기가 다르므로 임의의 물체가 존재한다는 것을 의미하므로 SNP(a, b) 블록의 제거 가능성을 다음과 같이 판단할 수 있다.

$$SNP(a, b) = \begin{cases} 1 & [\text{보존}], EPA(a, b) < th \\ 0 & [\text{제거가능}], otherwise \end{cases} \quad (18)$$

3. 히스토그램으로 표적물체의 영역추출

1과 2 단계를 통해 분리 가능한 블록을 저장하여 배경들을 개략적으로 분리 한 후에 다음 수식의 히스토그램으로 남아 있는 물체영역을 구한다.

식 (19)는 1,2단계에 의해 배경이 제거된 영상에 x, y축의 빛의 세기인 히스토그램을 구하기 위한 수식이다.

$$H_x(y) = \sum_x f(x, y), H_y(x) = \sum_y f(x, y) \quad (19)$$

여기에서 $f(x, y)$ 는 1,2단계에 의해 배경이 제거된 영상이고 $H_x(y), H_y(x)$ 는 $f(x, y)$ 영상의 x축과 y축에 대한 밝기 세기의 합이다.

식(20), (21)은 식 (19)에서 구한 값에 문턱값(threshold)을 적용하여 x축과 y축의 영역을 구하기 위한 수식이다.

$$f_{hx}(x, y) = \begin{cases} f(x, y), & H_x(y) \geq th \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (20)$$

$$f_{hy}(x, y) = \begin{cases} f(x, y), & H_y(x) \geq th \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (21)$$

식(20)과 (21)를 통해 구한 값으로 최종 히스토그램을 구하여 x, y축에 대하여 각각 시작점과 끝점의

면적(M_{x_i}, M_{y_j})을 구하여 가장 큰 면적이 존재하는 영역을 표적물체 영역으로 추출하게 된다. 식 (22)는 x,y축의 표적물체의 마스크 영역을 구하는 수식이다.

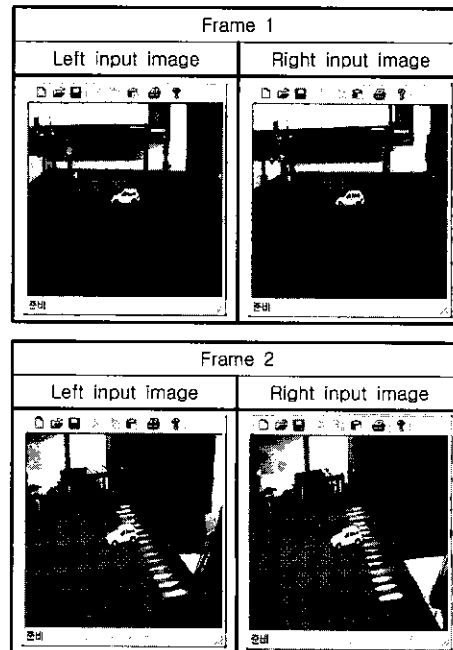
$$M(x, y) = \begin{cases} 1, & M_{x_i} = \text{Maximum} \\ & \text{and} \\ & M_{y_j} = \text{Maximum} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (22)$$

여기에서 $M(x, y)$ 는 표적물체 영역을 나타내고, i, j 는 각 x, y축에 존재하는 면적의 위치이다. 최종적으로 식 (22)을 통해 구한 마스크의 위치와 크기를 입력 영상에 적용하여 표적물체 영역을 추출하게 된다.

IV. 실험 및 결과 고찰

실험에서 사용한 좌, 우측 카메라의 영상 입력용 카메라는 동경전자(주)의 CS-8239B를 이용하였으며, 오프라인으로 256x256 픽셀로 저장하여 사용하였다.

영상 저장용 프레임 그래버는 Matrox사의 Metro II/4와 Metro II MC/2의 2개를 사용하여 컴퓨터에 저장하였으며, 디지털 시스템은 펜티엄 III-500(128MB)를 사용하였다.



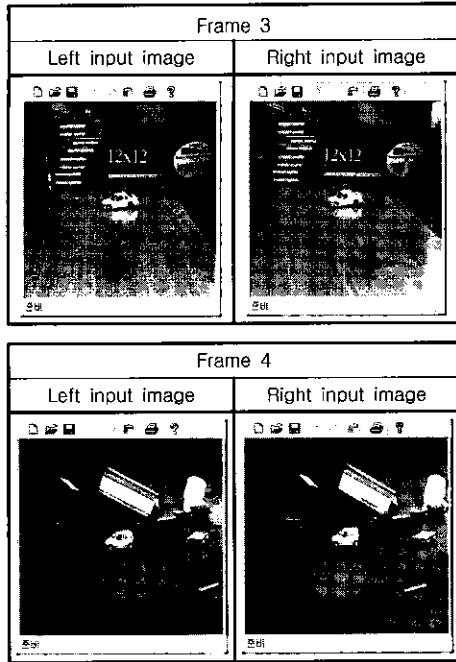


그림 8. 스테레오 입력영상

그림 8은 실험에 사용한 4프레임의 스테레오 입력 영상으로 각각 다른 특징을 지니고 있다. 즉, 4프레임은 3차원 특징이 전혀 다른 스테레오 영상으로 주변 배경과 잡음들이 다른 경우에 제안한 알고리즘을 적용하여 각각 비교하고자 하였다.

1. 스테레오 시차에 의한 배경분리 결과

그림 9는 식(14)을 이용해 기준영상인 좌측영상 $[BD_L(a, b)]$ 의 각 픽셀단위 시차지도를 구하여 시차가 크게 나타나는 픽셀은 배경으로 간주하여 제거한 영상을 나타낸 것이다.

2. 이웃 픽셀의 유사도에 의한 배경분리 결과

식 (17)에 의해 EPA가 작으면 이웃화소들이 유사하고, 크면 이웃한 화소들간에 밝기의 세기가 다르므로 임의의 물체가 존재한다는 것을 의미하므로 $SNP(a, b)$ 블록에서 제거한 결과는 그림 10과 같다.

그림 11은 1,2 단계에서 제거 가능한 것으로 저장된 블록과 임계값을 이용해 배경들을 분리한 결과이다. 약간의 잡음들이 존재하지만 다음 단계의 히스토그램에 의해 이 잡음들을 제거할 수 있다.

3. 히스토그램을 이용한 표적물체 추출

그림 12는 그림 11에 대하여 식(20),(21)을 적용하여 x,y 축으로 히스토그램을 나타낸 그림이다.

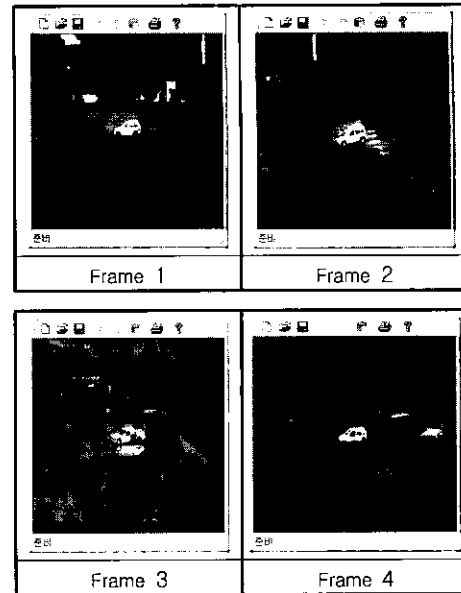


그림 9. 스테레오 시차에 의한 배경분리

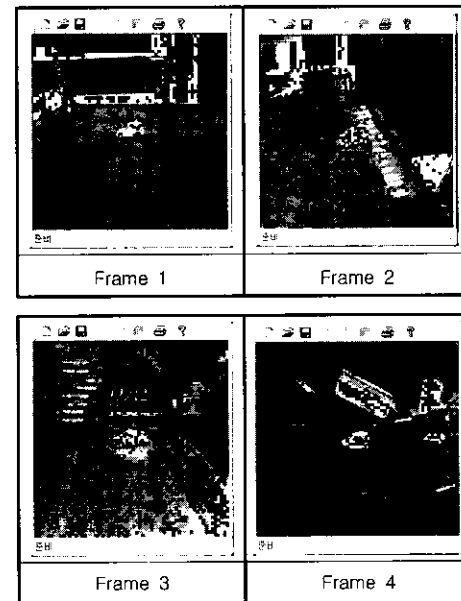
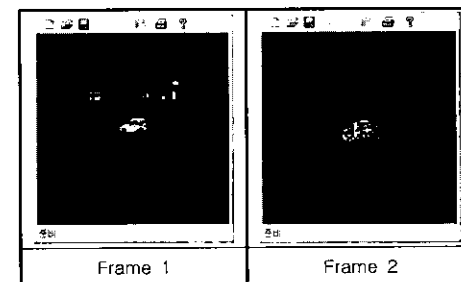


그림 10. SNP에 의한 배경분리



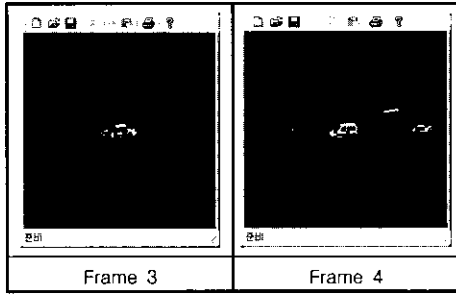


그림 11. 1, 2 단계에 의한 배경분리

그림 13은 식(22)에 의해 그림 12의 히스토그램을 면적으로 영역화하여 x,y축의 영역 좌표를 구하여 표적물체 영역만 추출한 결과이다.

여러 가지 실험결과 스테레오 영상 획득시 두 대의 스테레오 카메라에서 각각 주시점이 일치할 경우에는 배경잡음과 상관없이 정확하게 표적물체 영

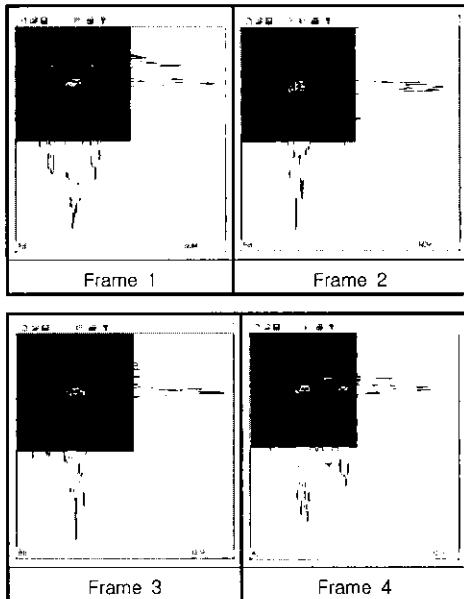


그림 12. 히스토그램 결과

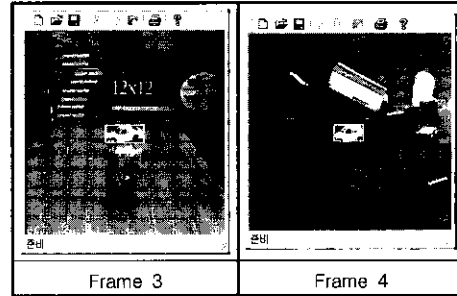
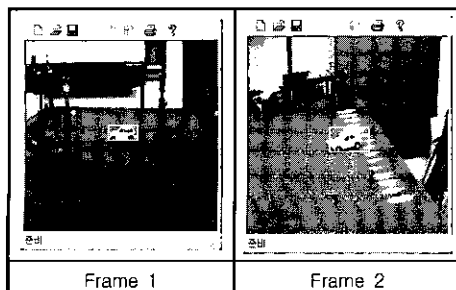


그림 13. 히스토그램에 의한 표적물체영역 추출

역을 추출하였지만, 각각의 주시점이 표적 물체 크기의 1/2이상 벗어난 경우에는 스테레오 시차가 달라 표적물체 검출에서 오차를 포함하는 경우가 많은데 앞으로 이에 대한 연구가 필요하다.

결과적으로 본 논문에서 제시한 알고리즘은 기존에 스테레오 영상의 블록 매칭시 발생하는 오정합 문제 등에 의한 배경분리의 문제점을 해결하고, 표적물체 영역을 쉽게 추출하여 스테레오 물체추적 및 원격작업 시스템 등의 구현 가능성을 제시하였다고 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 스테레오 비전 시스템의 특징인 양안시차 정보 등을 이용하여 표적물체를 분리하기 위한 방법을 제시하였다.

제안한 알고리즘은 스테레오 비전 시스템에서 얻어지는 양안시차 정보와 블록의 유사도를 이용하여 우선적으로 배경잡음을 제거하였다. 다음에 이 결과를 입력영상에 적용하여 표적물체 영역만 분리하고 히스토그램을 적용하여 최종적으로 표적물체 영역을 추출하였다.

실험 결과 제안한 알고리즘은 스테레오 입력 영상에서 전경 및 배경잡음 등을 효과적으로 제거할 수 있어 표적 물체영역을 쉽게 추출할 수 있었으며, 이를 시스템으로 구현할 경우에는 스테레오 원격작업 시스템이나 적응적인 스테레오 물체 추적기 등의 구현 가능성을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] K.T. Kim, J.S. Lee, S.H. Kim, E.S. Kim, S.Y. Park, Y.B. Lee, "Human-like Stereo Vision System based on Optical JTC" SPIE Optical Pattern Recognition Vol.3466, pp.259-266,

- 1998
- [2] Stephen T. Barnard, and william B. Thompson, "Disparity Analysis of Images", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-2, No.4, pp.333-340, July, 1980
- [3] R.C Jane, "Segmentation of Frame Sequences Obtained by A Moving Observer," IEEE Trans. PAMI, vol.6, no.5, pp.624-629, 1984.
- [4] M.K. Leung, "Human Body Motion Segmentation in a Complex Scene," Pattern Recognition, vol.20, no.1, pp.55-64, 1987.
- [5] Y. Mae, S. Yamamoto, Y Shirai and J. Miura, "Optical Flow Based Realtime Object Tracking by Active Vision System," Proc. 2nd Japan-France Congress on Mechatronics, vol.2, pp.545-548, 1994
- [6] Ken Sauer, Brian Schwartz, "Efficient Block Motion Estimation using Integral Projections", IEEE, Vol.6, No.5, pp.513-518, 1996
- [7] J.S Lee, C.W Seo and E.S Kim, "Real-Time Stereo Object Tracking system by using Block Matching Algorithm and Optical BPEJTC", Optics Communications, vol.191, pp.191-202, 2001.
- [8] D. J Coombs and C. M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Vision," IEEE Control System, pp.24-33, 1991
- [9] T. J. Olson and D. J. Coombs, "Real-Time Vergence Control for Binocular Robots," Intl. J. of Computer Vision, Vol.7, No.1, pp.67-89, 1991
- [10] D. Tzovaras, N. Grmmaiidis and M. G. Strintzis, "Three-dimensional camera motion estimation and foreground/background seperation for stereoscopic image sequences", Opt. Eng. Vol.36, No.2, pp.574-579, 1997
- [11] 김정진, 이종호, 조병철, 김은수, "스테레오 영상의 배경 분리에 관한 연구", 3차원 방송영상학회 학술발표 논문집, Vol.1, pp.19-22, 2000.
- [12] E. Izquierdo M., "Disparity/segmentation Analysis: Matching with an Adaptive Window and Depth-driven Segmentation", IEEE, Vol.9, No.4, pp.589-607, 1999
- 이 재 수(Jae-soo Lee) 정회원
현재: 김포대학 전자정보계열 조교수
한국통신학회지 논문지 제25권 3호 참조
- 서 춘 원(Choon-weon Seo) 정회원
현재: 김포대학 전자정보계열 전임강사
한국통신학회지 논문지 제21권 11호 참조
- 김 은 수(Eun-soo Kim) 정회원
현재: 광운대학교 국가지정 3차원 영상미디어 연구실 및 전자공학부 교수
(<http://3dmedia.kwangwoon.ac.kr>)
한국통신학회지 논문지 제24권 9호 참조