論文
3-9-2

스테레오 비전 시스템에서 차 영상을 이용한 이동 물체의 거리와 속도측정 (Distance and Speed Measurements of Moving Object Using Difference Image in Stereo Vision System)

허 상 민* 조 미 령** 이 상 훈*** 강 준 길**** 전 형 준*****
(Sang-Min Huh) (Mee-Ryoung Cho) (Sang-Hoon Lee) (June-Gill Kang) (Hyung-June Jeon)

요 약

스테레오 비전 시스템을 이용하여 이동 물체의 거리와 속도를 측정하기 위한 방법을 제안하였다. 이동 물체의 거리와 속도 측정에 있어서 가장 중요한 요소 중 하나는 물체 추적의 정확성이다. 따라서 빠르게 움직이는 물체 추적을 위해 배경 영상 기법을 이용하였고, 물체의 그림자와 잡음을 제거하기 위해 지역 Opening 연산을 이용하였다. 적응형 임계치를 적용하여 밝기 변화에 상관없이 이동 물체의 추출 효율을 높이도록 하였다. 좌, 우 중심점 위치를 보정하여 더 정확한 물체의 속도와 거리를 측정할 수 있도록 하였다. 배경 영상 기법과 지역 Opening 연산을 사용하여 계산 과정을 줄임으로써 이동 물체의 거리와 속도의 실시간 처리가 가능하도록 하였다.

실험 결과, 배경 영상 기법은 다른 알고리즘과는 달리 빠르게 움직이는 물체를 추적할 수 있음을 보여준다. 적응형 임계치를 적용하여 후보 영역을 줄임으로써 목표물 추출 효율이 개선되었다. 양안 시차를 이용하여 목표물의 중심점을 보정함으로써 거리와 속도 측정 오차가 감소하였다. 스테레오 카메라에서부터 이동 물체까지의 거리 측정 오차율은 2.68%, 이동 물체의 속도 측정 오차율은 3.32%로 본 시스템의 향상된 효율성을 나타냈다.

ABSTRACT

A method to measure the speed and distance of moving object is proposed using the stereo vision system. One of the most important factors for measuring the speed and distance of moving object is the accuracy of object tracking. Accordingly, the background image algorithm is adopted to track the rapidly moving object and the local opening operator algorithm is used to remove the shadow and noise of object. The extraction efficiency of moving object is improved by using the adaptive threshold algorithm independent to variation of brightness. Since the left and right central points are compensated, the more exact speed and distance of object can be measured. Using the background image algorithm and local opening operator algorithm, the computational processes are reduced and it is possible to achieve the real-time processing of the speed and distance of moving object.

* 정회원 : (주) 넥스페이스 GSM S/W 개발 연구원
** 정회원 : 광운대학교 대학원 전자공학 박사과정
*** 종신회원 : 광운대학교 전자공학부 교수
**** 정회원 : 한국 통신학회 감사
***** 정회원 : 삼성에스원 전임연구원

논문접수 : 2002. 7. 26.
심사완료 : 2002. 9. 12.

The simulation results show that background image algorithm can track the moving object more rapidly than any other algorithm. The application of adaptive threshold algorithm improved the extraction efficiency of the target by reducing the candidate areas. Since the central point of the target is compensated by using the binocular parallax, the error of measurement for the speed and distance of moving object is reduced. The error rate of measurement for the distance from the stereo camera to moving object and for the speed of moving object are 2.68% and 3.32%, respectively.

1. 서론

동영상에서의 움직임 추적과 자율 주행이 가능한 로봇에 대한 연구는 오랫동안 컴퓨터 시각 분야에서 연구되어 왔다. 컴퓨터 비전의 궁극적인 목표는 인간 시각 시스템의 기능을 컴퓨터로 구현하는데 있으며 이를 구현하기 위해서는 입력된 영상 정보로부터 3차원 물체를 찾아내거나 인식하는 것이라 할 수 있겠다.[1-3] 특히 목표물까지의 거리와 속도감을 감지함으로써 차후의 행동에 대한 의사 결정을 할 수 있으며, 이 같은 특성을 컴퓨터에 도입함에 있어 중요한 것이 거리임을 알 수 있다. 거리는 한 점에서 다른 점까지의 길이를 나타내는 것으로 인간의 양안에 의한 거리 감각은 자신이 위치한 곳으로부터 주시하는 목표물까지의 거리와 속도를 경험에 의해 측정하게 된다.[2,4,5]

움직임 추적 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있는데, 블록 기반(block-based)추적 방법, 화소 기반(pixel-based)추적 방법, 광류 기반(optical flow-based) 추적 방법 등이 있다.

블록 기반 추적 방법의 대표적인 것으로는 블록 정합 기법이 있고, 화소 기반 추적 방법에는 차 영상 기법과 배경 영상 기법이 있다. 블록 정합 기법은 연산 량이 많기 때문에 빠른 움직임을 추적할 경우 움직이는 목표물을 놓쳐버리는 단점이 있고 차 영상 기법은 물체의 움직임이 적을 경우 움직임을 추적하지 못하는 단점이 있다. 또한, 광류기반 추적 방법은 계산 속도가 오래 걸린다는 단점이 있다. 하지만 배경 영상 기법은 빠르게 움직이는 물체 추적에 강하다는 장점은 있지만 배경 영상을 보상해야한다는 단점이 있다.

스테레오 영상은 사람의 눈과 같이 입체감을 느끼기 위해 좌, 우측 카메라 2 대가 필요하며, 동시성을 갖고 영상을 취득하게 된다. 그러나 카메라의 특성상 좌, 우측의 영상 밝기가 동일할 수 없기 때문에 차 영상에 의한 물체의 위치를 추출하는데 각기 다른 임계값을 설정해야 하며, 환경 변화에 대해서도 상황에 따라 임계값을 적용하여 카메라의 특성에 따른 임계값과 환경 변화에 따른 영상의 밝기 변화에 적응 적으로 대처하도록 하였다. 이렇게 적응형 임계값을 사용하여 취득한 차 영상을 좌, 우측 카메라에 모두 적용한 후 스테레오 비전 시스템의 시차 정보를 추출하여 목표물까지의 거리를 측정하였다. 즉 인간의 시각 체계는 서로 다른 위치에서 취득한 두 영상을 적절히 정합시킴으로서 얻어지는 시차 정보를 이용하여 거리 와 이동 거리를 얻을 수 있다는 사실을 컴퓨터 비전 시스템에 적용시킴으로서 움직이는 물체의 거리와 이동 거리 및 속도를 측정 할 수 있다.[5,6]

본 논문에서는 빠른 움직임에 강한 배경 영상 기법을 이용하였으며 효율적인 이동 물체의 추적을 위하여 적응형 임계값을 적용한 차 영상을 획득하여 정확한 이동 물체의 위치를 추출하였다. 물체의 위치 추출 후 스테레오 카메라의 시차를 이용하여 좌, 우 영상의 목표점을 보정하였고, 시차 정보와 카메라의 특성 변수를 이용하여 이동 물체의 거리와 이동 거리 및 속도를 측정하는 방안을 제시하고자 한다.

2. 스테레오 영상 시스템

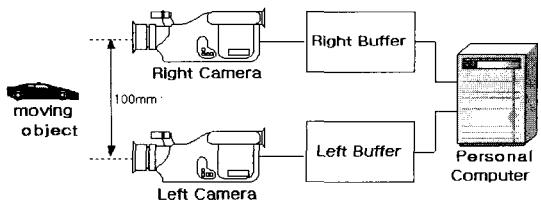
2.1 구성

본 논문에서는 이동 물체에서 카메라 중심까지의 거리와 이동 물체의 이동 거리 및 속도를 측정하기 위하여 이동 물체의 효과적인 추출 방법과 스테레오 비전 시스템을 이용한 이동 물체까지의 거리와 속도 측정 방법을 제안했다.

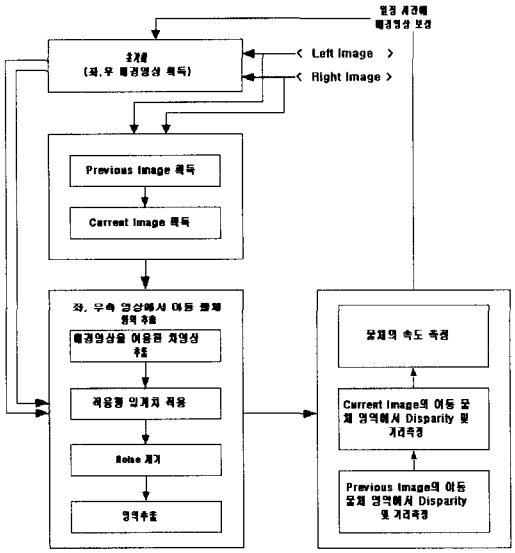
차 영상을 구하는 방법으로는 블록 정합 기법(block matching algorithm), 차 영상 기법(difference picture algorithm), 배경 영상 기법(Background image algorithm)을 많이 사용한다. 본 논문에서는 이동 물체에 있어서 블록 정합 기법과 차 영상기법의 단점을 보완하고, 정밀한 거리와 속도를 측정하기 위해 배경 영상 기법을 사용하였다.

차 영상을 구하는데 문제가 되는 것이 주변의 환경 변화, 즉 밝기 변화에 대한 오류를 갖는 것으로 전처리 및 신호 처리에 많은 장애로 작용하게 된다. 따라서 밝기의 변화에 대처할 수 있는 시스템이 요구되게 되었으며 본 논문에서는 적응형 임계값과 지역적 Opening 연산을 사용하여 차 영상의 추출에 이용하였다.

사람의 양안에 의한 거리 감지 능력을 적용하면 거리와 속도를 측정할 수 있다. 이를 위하여 스테레오 카메라를 사용하여 거리 측정 변수를 구하여 카메라 중심으로부터 물체까지의 실 거리를 측정하고, 이동 물체의 이동 거리를 측정하여 속도를 측정하였다. 이상의 제안된 알고리즘을 사용하여 이동 물체의 거리와 이동 거리, 그리고 속도를 측정하기 위한 전체적인 시스템의 구성은 [그림 1]이고, [그림 2]는 시스템 흐름도 이다.



[그림 1] 시스템 구성도
[Fig. 1] Structure diagram



[그림 2] 시스템 흐름도
[Fig. 2] System flowchart

2.2 스테레오 영상을 이용한 물체 추적

2.2.1 물체 추적 알고리즘

정확한 물체 추적을 통해 이동 물체의 거리와 속도의 정밀도를 높이고 이동 물체의 특성에 맞는 물체 추적 알고리즘을 적용하고자 하였다. 물체 추적 알고리즘은 크게 블록(Block)단위의 비교 방법과 픽셀(Pixel)단위의 비교 방법이 있다. 세분화하면 블록 단위의 비교 방법에는 블록 정합 기법이 있고 픽셀 단위 비교 방법에는 차 영상 기법과 배경 영상 기법

이 있다. 블록 정합 기법은 영상이 블록으로 구성되어 있다고 가정하고, 움직임을 추적하려는 각 화소에 대하여 고정된 크기의 블록을 구성한 후 인접 프레임(frame)의 탐색 영역을 조사하여 가장 잘 매칭이 되는 블록, 예를 들어 블록간 평균 밝기 변화가 최소인 블록의 위치를 찾는 방식으로 각 화소별 움직임을 추적한다. 차 영상 기법은 이전영상과 현재영상의 차를 이용하여 움직임을 추적한다. 배경 영상 기법은 차 영상 기법의 단점을 보완하기 위해 배경 영상과 현재 영상과의 차를 이용해 움직임을 추적한다.

본 논문에서는 이동 물체 추적을 위해 블록 정합과 차 영상 기법의 단점을 보완하고 움직임의 변화에 강한 특성을 나타내는 배경 영상 기법을 이용하였다. <표 1>은 물체 추적 기법들의 특징을 보여준다.

<표 1> 물체 추적 알고리즘의 비교

<Table 1> Comparison between object tracking algorithms

배경 영상 기법	차 영상 기법	블록 정합 기법
움직임 변화에 강한 특성	움직임 변화에 비교적 강한 특성	움직임 변화에 약하여 실시간 구현이 어렵다
움직임 물체에 대한 정확 한 위치 정보와 형태 정보 획득용이	물체의 움직임이 적거나 프레임 율이 높은 경우 추적이용이치 않다	블록화 현상 등의 화질 저하를 초래
배경 영상을 시간의 변화에 따라서 계속적으로 갱신	카메라가 움직이는 경우 배경 보상의 오류가 발생	움직임 범위가 탐색 영역을 벗어나는 경우 추적이 불가능

2.2.2 적응형 임계값 설정 및 차 영상 추출

카메라를 통해 취득한 영상들은 시간적 변화와 주변 환경의 변화에 따라 갑작스러운 밝기 변화를 가질 수 있다. 또한 스테레오 비전 시스템을 사용하는 경우 좌, 우측 카메라의 특성이 동일하지 않음으로써 발생하는 밝기의 차가 존재할 수 있다.

즉 카메라의 특성이 생산 과정에서 모두 동일한 상태로 조정되어 상품화될 수 없으며, 또한 사용자가 두 대의 카메라 특성을 동일한 조건으로 만들기 어려운 형편이다. 따라서 일반성을 가고 구입한 카메라의 특성이 모두 동일하다고 판단하기 어렵다. 이와 같이 밝기 차이를 갖고 취득한 영상으로부터 차 영상을 구하게 되면 지정한 목표물 이외의 많은 영역이 후보 영역으로 나타나게 됨으로써 이를 제거하기 위한 영상 처리를 행하여야 하며, 오류에 의한 잘못된 영역을 추출할 확률도 높아지게 된다.

이는 차 영상을 구하는데 있어 어떤 임계값에 의존하기 때문에 발생하는 것으로 밝기 변화에 대한 차의 값이 주어진 임계값 범위를 벗어나게 되면 영역을 확보 할 수 없는 상태가 되어 잘못된 영역을 추출하거나 추출된 영역이 확대되는 현상을 보이게 된다.

이 같은 문제를 해결하기 위해서는 밝기 변화에 대해 취득한 영상을 정규 화시킬 필요가 있는데 이는 취득한 전체 영상에 대해 행하게 됨으로써 많은 시간이 소요되게 된다. 따라서 취득한 영상에 대한 차를 구하여 변화 성분을 추출하는 경우에는 밝기 차이에 의한 임계값 적용을 달리함으로써 효율적인 차 영상을 획득할 수 있게 된다.

즉, 이동 성분 발생전과 후의 영상에 대한 밝기 변화가 있으면 어느 한 쪽의 영상을 기준으로 임계값을 변경함으로써 밝기 변화에 대한 효과적인 대처가 이루어져 차 영상을 효과적으로 취득할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 적응형 임계값(Adaptive Threshold)은 배경 영상과 현재 영상에 대한 차 영상을 얻기 위한 것으로 아래와 같다.

[Step 1] 배경 영상과 현재 영상의 평균 밝기를 구한다.

(단, 배경 영상은 초기화와 배경 영상 보상 시에만 수행)

$$I_{Avg(x,y)} = \frac{1}{N_x \times N_y} \sum_{y=0}^{N_y-1} \sum_{x=0}^{N_x-1} P_{(x,y)} \quad (1)$$

여기서 N_x는 가로 dot의 수(320), N_y는 세로 line의 수(240)이다.

[Step 2] Step 1에서 구해진 평균 밝기 값에 대한 차를 구한다.

$$D = IB_{avg} - IC_{avg} \quad (2)$$

여기서 IB_{avg}는 배경 영상에 대한 평균 밝기 값

IC_{avg}는 현재 영상에 대한 평균 밝기 값

D는 두 영상에 대한 평균 밝기의 차

[Step 3] 두 영상의 밝기 차에 대한 적응형 임계값을 구한다.

$$T_h = \alpha D + \beta \quad (3)$$

여기서 T_h는 적응형 임계값,

D는 배경 영상과 현재 영상의 밝기 차,

α는 임계값 결정을 위해 실험에 의해 구해진 비례 상수

β는 T_h의 적용범위를 정의한 상수

일반적인 임계값 설정은 취득한 영상의 처리 결과에 따라 매번 조절해야 하며, 또한 임계값의 적용범위 역시 조절해 주어야하는 문제점이 있다.

본 논문의 적응형 임계값 설정과 결과식인 식(9)는 주어진 적응형 임계값의 적용 범위를 최소화하고, 밝기 변화에 대해 적응 적으로 임계값을 만들어 적용함으로써 효과적인 차 영상을 만들기 위한 것이다. 적응형 임계치를 적용하여 물체의 위치를 추출한 후 그림자 및 잡음을 제거하고 더 정확한 물체의 위치를 추출하기 위하여 물체 추출 범위 내에서 Opening 연산을 수행한 후 최종적으로 물체의 위치를 추출하였다.

3. 이동 물체의 거리와 속도 측정

3.1 이동 물체의 거리 측정

스테레오 비전 시스템의 입체감은 양안 스테레오 카메라의 보는 위치에서 목표물까지의 거리 정보에 의해 나타난다.

즉, 입체감이라 함은 지정한 물체의 거리가 보는 위치에 따라 달리 나타남으로써 표현되는 것으로 입체감을 갖고 있는 물체에 대해 거리를 모두 정의하기는 객관성이 없어 목표물 내에서의 거리 정보를 사용하게 되는데 이를 우리는 깊이 정보(Depth)라고 한다.

이 같은 거리 정보는 좌, 우 카메라에 의해 취득한 영상의 시적 차이에 의해 표현되게 되는데 이것을 양안 시차(Binocular Parallax)라고 한다.

이 양안 시차에 의해 목표물까지의 거리감이 발생하게 된다. 따라서 카메라의 특성과 카메라 설치 방법 등이 결정되면 목표물까지의 거리 측정이 가능해 진다.

본 논문에서는 입체감을 중요시하고 있지 않기 때문에 즉, 거리 정보를 우선으로 하기 때문에 평행축 스테레오 카메라를 사용하여 거리를 측정하였다.

<표 2>의 특성 비교에서 알 수 있듯이 스테레오 카메라의 설치 방법은 거리 산출을 목적으로 하는 스테레오 비전 시스템의 적용에는 평행 축 스테레오 카메라가 우수함을 알 수 있다.

<표 2> 스테레오 카메라의 비교와 특징

<Table 2> Comparison between stereo cameras

평행 축 스테레오 카메라	교차 축 스테레오 카메라	평행 축 스테레오 카메라의 특징
두 카메라의 광 축이 평행하게 설치되어 있다.	두 카메라의 광 축이 지정된 위치에서 교차하도록 설치되어 있다.	비교적 원거리 측정이 가능하다.
입체 영상의 시차 조절 기능이 없다.	입체 영상의 시차 조절 기능이 있다.	주시하는 목표물에 대해 광 축을 교차시킬 필요가 없다.
거리 측정이 용이하다.	양질의 입체 영상을 만들 수 있다.	주 시각 제어가 불필요하여 카메라의 이동이 없기 때문에 거리 측정에 용이하며, 관련 수식도 고정적이다.
주 시각 제어가 불필요하다.	주 시각 제어가 요구된다.	카메라의 이동을 위한 모터 제어가 불필요함으로써 교차 축 스테레오 카메라에 비해 고속 움직임을 갖는 물체의 거리 측정이 가능하다.

물체 추적 후 거리 측정을 위해 이동 물체의 한 정점에 대응하는 좌, 우 추적 영역 내에서의 중심점을 추출해야 한다. 즉 추출된 중심점이 좌, 우측의 영상 센서에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리를 구하는 중요한 변수이다. 이를 위해 시차를 이용하게 된다. 스테레오 영상에는 수평 시차와 수직 시차가 있다. 평행 축 스테레오 카메라의 특성상 수직 시차는 거리 계산에 관련되지 않지만 수평 시차는 거리 계산에 중요한 변수가 된다. 즉 목표물의 중심점을 추출해 주기 위해 수평 시차만큼 중심점을 이동시켜주면 좌, 우 물체의 중심점을 알 수 있다. 식(4)를 적용하면 수평 시차를 구할 수 있다.

$$\text{Horizontal Disparity} = W_{L(x)} - W_{R(x)} \quad (4)$$

$$W(x) = [f(x) - s(x)] / 2 \quad (5)$$

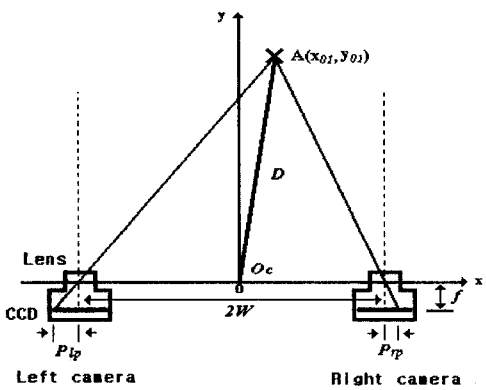
$f(x)$: 좌, 우 영상의 추적 영역에서 x축의 최소 값

$s(x)$: 좌, 우 영상의 추적 영역에서 x축의 최대 값

$W_{R(x)}$: 우측 추적 영역 안에서의 x축 중심

$W_{L(x)}$: 좌측 추적 영역 안에서의 x축의 중심

<표 2>의 특성을 갖는 평행 축 스테레오 카메라에 의한 거리 측정은 다음과 같이 행하여진다. [그림 3]에서 이동 물체 A까지의 거리 D는 스테레오 카메라 설치 중심점으로부터의 거리이고, 이 거리는 이동 물체 A와 두 대의 카메라에 맺혀진 영상의 위치에 의해 형성된 삼각형에 의해 산출될 수 있다. 이에 대한 수식은 식(4)와 같이 표현될 수 있다.



[그림 3] 스테레오 카메라를 이용한 거리 측정

[Fig. 3] Distance measurement using stereo camera

$$D = \frac{W}{P_l + P_r}\sqrt{(P_l - P_r)^2 + 4f^2} \quad (6)$$

P_l , P_r : 좌, 우측의 영상 센서에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리

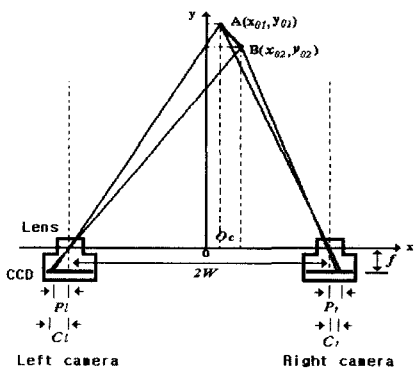
W: 두 카메라 중심에서 카메라까지의 거리

f : 렌즈와 영상 센서와의 거리

D : 목표물과의 거리

3.2 이동 물체의 이동거리와 속도 측정

이동 물체의 속도를 측정하기 위해서는 이동 물체의 이동 거리를 알고 있어야만 이동 물체의 속도를 측정할 수 있다. 이동 물체의 이동 거리 측정은 이전 영상과 현재 영상에서 목표물의 X 와 Y축을 구하여 실제 이동 거리를 측정할 수 있고, 이러한 이동 거리를 이용하여 이동 물체의 속도를 측정할 수 있다. [그림 4]는 평행 축 스테레오 카메라에서의 이동 물체의 이동 거리를 측정하기 위한 것이다.



[그림 4] 스테레오 카메라를 이용한 이동 거리 측정

[Fig. 4] Moving distance measurement using stereo camera

식(7)은 이동 거리 측정에 관한 수식이며, 식(8)은 측정된 이동 거리를 이용해 이동 물체의 속도를 측정하는 것이다.

$$MD = \sqrt{\left(\frac{W(C_l - C_r)}{C_l + C_r} - \frac{W(P_l - P_r)}{P_l + P_r}\right)^2 + \left(\frac{2Wf}{C_l + C_r} - \frac{2Wf}{P_l + P_r}\right)^2} \quad (7)$$

$$S = MD \times t \quad (8)$$

MD : 이동 물체의 이동거리

S : 이동 물체의 속도

t : 이동 거리 동안의 시간

P_l , P_r : 이전 영상의 좌, 우측 영상 센서에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리

C_l , C_r : 현재 영상의 좌, 우측 영상 센서에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리

f : 렌즈와 영상 센서와의 거리

W: 두 카메라 중심에서 카메라까지의 거리

상기의 알고리즘을 통해 측정된 거리와 속도는 실측정 거리와 속도를 비교하여 오차를 산출할 수 있다. 이를 위해 식(9)에 의하여 오차율을 산출하였다.

$$E = \frac{C - R}{R} \times 100\ \% \quad (9)$$

여기서 E는 오차율, C는 측정값, R은 기준값이다.

4. 실험 및 고찰

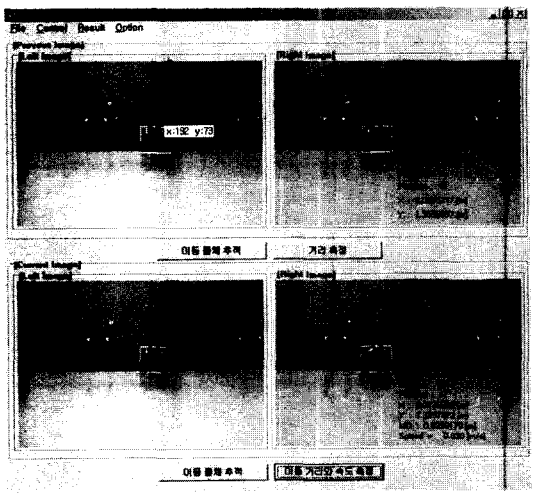
본 논문에서 실험을 위해 35만 화소의 카메라 2대를 이용하여 스테레오 영상을 취득하였으며 Intel Pentium-Ⅲ 800MHz의 256Mbyte RAM 환경 하에서 320×240 크기를 갖는 RGB 레벨의 좌, 우측 영상

30개씩을 가지고 Delphi 5.0을 이용한 영상 처리 프로그램을 제작하여 실험을 하였다.

이동 물체의 거리 및 속도를 측정하기 위해서는 스테레오 카메라 설치 방법과 거리 그리고 카메라의 특성이 주어져야만 한다. 본 실험에서는 아래의 구성으로 실험을 하였다.

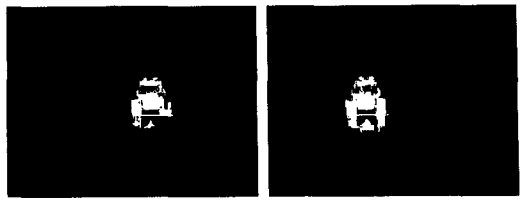
카메라 설치 방법 : 평행 축 스테레오 카메라
카메라 설치 거리 : 50(mm)
카메라의 규격 : 초점 거리 = 6.0(mm)
CCD 전체 크기 = 1/4(inch)
CCD의 한 픽셀크기 = 9.6×7.5 (μm) [H×V]

[그림 5]는 본 실험에서 사용된 영상 처리 프로그램이다.



[그림 5] 영상처리 프로그램
[Fig. 5] Image processing program

<표 1>에서 배경 영상 기법이 빠른 움직임에 강하다는 장점 때문에 배경 영상 기법을 사용하여 물체를 추적하였다. [그림 6]은 수동형 임계치를 적용한 결과로서 그림에서 보는 것과 같이 목표물 이외의 많은 부분이 후보 영역으로 존재함을 알 수 있었다.



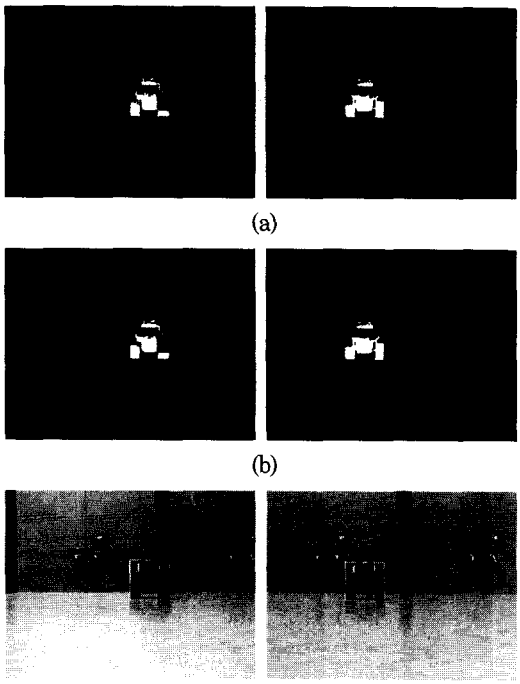
(a) (b)

[그림 6] 적응형 임계치 적용 전의 차 영상
(a) 왼쪽 영상 (b) 오른쪽 영상
[Fig. 6] Difference image before appling adaptive threshold
(a) left image (b) right image

이것은 입력된 배경 영상과 현재 영상의 밝기 차에 따라 차 영상을 얻기 위한 임계값을 조절하여 얻은 결과로 두 영상의 밝기 차에 따른 임계값 조절이 요구됨을 나타내 주고 있으며, 이는 수 작업으로 행하여지기 때문에 실시간 처리 등에는 매우 어려운 점이 있다. 그리고 카메라의 특성에 따라 그 밝기가 일치하지 않기 때문에 이에 대한 보상이 요구되고 영상 전체를 대상으로 해야 하기 때문에 많은 처리 시간이 요구된다. 따라서 제안한 적응형 임계값을 적용하여 취득한 영상의 보정 없이 효과적인 차 영상을 얻을 수 있음을 [그림 6] (a)에서 알 수 있다. [그림 6] (b)는 적응형 임계치를 적용한 차 영상의 범위 내에서 Opening 연산을 통해 그림자 및 잡음을 제거하여 향상된 차 영상을 획득함을 보였다. 이때의 배경 영상의 평균 밝기는 156, 현재 영상의 평균 밝기는 153이었다. 식(3)에 의해 적응형 임계값 T_h는 170이고, 상수 α는 실험에 의해 구해진 비례상수로 40의 값을 갖는다. 상수 β는 임계값의 범위를 지정하기 위한 것으로 최소 값은 0을 갖으며, 최대 값은 255 - T_h의 값을 갖게 된다.

상기의 T_h값은 두 영상의 차의 값이 가장 작은 임계값을 의미하고 이때 β의 값은 0으로 정의하며 , β의 최대 값은 255- $y_{(\beta=0)}$로 최고의 임계값은 255의 값을 갖음을 알 수 있다. 따라서 적응형 임계값의 범위는 β=0일 때의 임계값과 255의 범위를 갖는 적응형 임계값의 범위를 설정하게 된다.

[그림 6]의 (c)는 배경 영상 기법에 적응형 임계치와 Opening연산을 적용하여 물체 추적의 결과로써 효과적으로 물체의 영역을 획득할 수 있음을 알 수 있다.



(a)

(b)

(c)

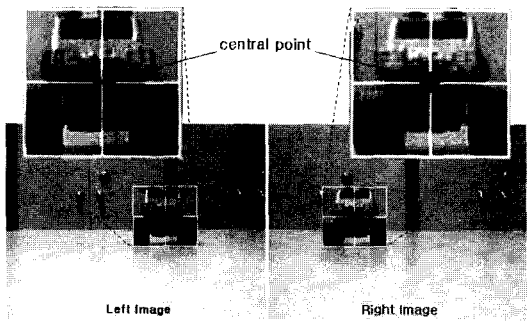
[그림 7] 이동 물체 추적 결과

(a) 적응형 임계치 적용 후의 차 영상 (b) Opening 연산 적용 후 (c) 물체 추적의 결과

[Fig. 7] Result moving object tracking

(a)Difference image after appling adaptive threshold (b) After appling opening calculation (c) Result of object tracking

물체 추적 후 거리 측정을 위해 이동 물체의 한 정점에 대응하는 좌, 우 추적 영역 내에서의 중심점 지정이 선행되어야 한다. 그 이유는 지정된 중심점이 좌, 우측의 영상 센서에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리를 측정하기 위한 변수이기 때문이다. 식(4)과 식(5)를 적용하여 수평 시차를 구한 후 좌 또는 우측 영상의 중심점을 수평 시차만큼 이동시켜 중심점을 획득한다. [그림 8]은 이동 물체의 중심점을 보정하여 한 정점을 지정하고 있는 것을 보여 준다.



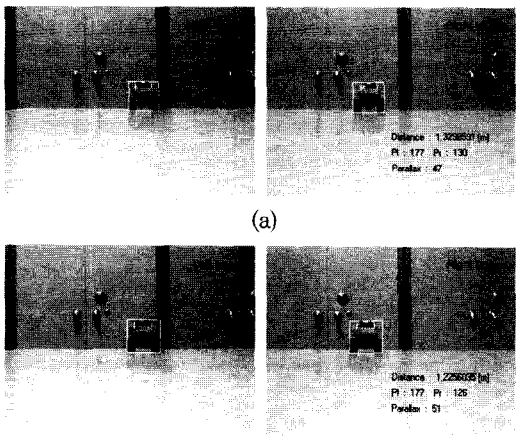
(a) (b)

[그림 8] 이동 물체의 중심점 보정

(a) 왼쪽 영상 (b)오른쪽 영상

[Fig. 8] Compensation central point of moving object

(a) left image (b) right image



(a)

(b)

[그림 9] 스테레오 카메라와 이동물체 사이의 거리 측정

(a) 거리 = 1.3 m (b) 거리 = 1.2 m

[Fig. 9] Measure the distance between a stereo camera and moving object

(a) distance = 1.3 m (b) distance = 1.2 m

[그림 9]는 카메라 설치 환경과 평행 축 카메라의 구조에서 식(6)을 적용하여 획득한 이동 물체의 거리 측정 결과이다.

측정된 거리는 실 측정 거리와 비교하여 오차를 식(9)에 의해 산출한 결과 2.68%의 오차를 갖는 것을 확인하였다. <표 3>은 실험을 통해 측정된 거리와 오차율이고 측정 거리가 멀수록 오차는 작아지고, 근 거리 일수록 오차가 커짐을 알 수 있다. 이것은 평행 축 스테레오 카메라의 한 특성으로 원거리에서의 시차는 작아지며, 근거리에서의 시차는 커지는 특성에 의해 발생되는 오차이다.

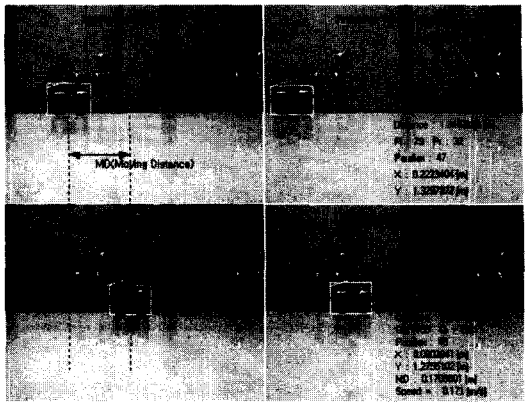
<표 3> 거리 오차율

<Table 3> Distance error rate

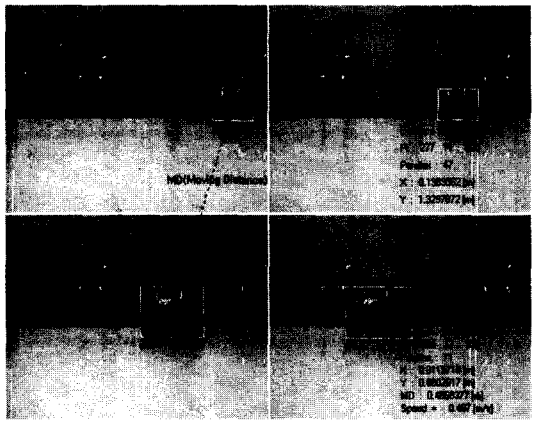
Object	Datum(R)	Measurement(C)	Error(E)
1	1.00 m	1.04 m	4.17%
2	1.05 m	1.09 m	4.38%
3	1.10 m	1.13 m	3.36%
4	1.15 m	1.17 m	2.52%
5	1.20 m	1.22 m	2.13%
6	1.25 m	1.27 m	2.00%
7	1.30 m	1.32 m	2.29%
8	1.35 m	1.35 m	0.65%
Average error rate			2.68%

[그림 4]의 평행 축 카메라의 구조에 의해 스테레오 카메라를 이용한 물체의 이동 거리와 속도를 측정하였다. 이동 물체의 속도를 측정하기 위해서는 물체의 이동 거리를 알아야 한다. 이동 거리는 이전 영상과 현재 영상에서 각각의 x축과 y축의 거리를 구한 후 식(7)을 적용하여 이동거리를 구하였고, 이때 이동시간 t는 1초로 제한을 두고 식(8)을 적용하여 측정하였다. [그림 10]은 물체의 이동 거리와 속도를 측정한 것이다.

식(9)에 의해 측정된 속도와 실 측정 속도를 비교하여 오차를 산출한 결과 3.36%의 오차를 갖는 것을 <표 4>에 의해 확인할 수 있다.



(a)



(b)

[그림 10] 이동 거리와 속도 측정 (a)측정1 (b)측정2

[Fig. 10] Moving distance and speed measurement (a)measurement 1(b)measurement 2

<표 4> 속도 오차율

<Table 4> Speed error rate

Object	Datum(R)	Measurement(C)	Error(E)
1	17 cm/s	17.1 cm/s	0.58%
2	50 cm/s	48.7 cm/s	2.60%
3	49.5 cm/s	46.1 cm/s	6.80%
Average error rate			3.36%

거리와 속도 측정 오차의 원인은 카메라의 설치 시 발생하는 정밀도의 미흡과 실 측정 거리의 판독 오차, 카메라 규격의 불 균일 등을 들 수 있다. 이러한 오차의 원인은 보완을 통해 개선될 수 있는 요인들이다.

실험 결과 배경 영상 기법에 의해 빠른 움직임을 갖는 이동 물체 추적이 가능하였으며, 밝기 변화에 강한 성질을 지니고 있는 적응형 임계치에 의해 정확한 이동 물체의 영역을 획득할 수 있었다. 또한 레이저 및 사용자에 의해 목표물을 지시하지 않고 추적 영역 내에서 시차를 이용하여 목표물의 한 정점을 획득함으로써 인위적인 목표물의 지정 없이 이동 물체의 추적과 거리, 속도를 정확히 측정할 수 있었다. 하지만 측정할 배경의 변화가 심한 경우 반복적으로 배경 영상을 획득해야 한다. 또한 카메라의 흔들림이 있을 경우 오차 범위가 확대되어 성능이 저하되었다.

5. 결론

본 논문에서는 스테레오 비전 시스템으로부터 적응형 임계값을 이용한 차 영상을 추출하여 이동 물체까지의 거리와 이동 거리 및 속도를 측정하는 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 배경 영상과 현재 영상에 대한 밝기 변화에 대하여 적응 적으로 임계값을 설정함으로써 효과적인 차 영상을 추출할 수 있었다. 기존의 방식은 임계값을 수동으로 조절함으로써 연속성을 갖고 이동하는 물체의 실시간 처리가 어려웠으나 적응형 임계값을 사용함으로써 이 같은 문제를 해결할 수 있었다. 또한 지역적인 Opening 연산을 적용하여 전역 탐색에 의한 연산량 증가를 줄였다. 이동 물체의 중심점을 찾기 위해 좌, 우측 영상의 시차를 이용하여 추출한 영역에서의 중심점이 아니라 물체의 한 점을 바라보도록 좌측 또는 우측 영상의 중심점을 이동시켜 정확한 목표물의 거리와 이동 거리 및 속도를 측정하였다.

평행 축 스테레오 카메라에서 취득한 영상의 차 영상을 이용하여 목표물의 위치를 추출하고, 이 위치 값을 이용해 이동 물체의 거리와 이동 거리 및 속도 측정 방법을 제안하였는데 거리 측정에서 2.68%의 평균 오차와 이동 거리 및 속도 측정에서는 3.36%의 평균 오차를 가진다.

따라서 본 연구 결과 양질의 차 영상을 취득할 수 있었으며, 이에 따라 목표물의 위치를 정확하게 찾을 수 있었고, 이동 물체의 거리와 이동 거리 및 속도의 측정의 가능성을 보였으며 차량의 속도 측정이나 도로 교통 정보를 얻을 수 있어 기존의 많은 비용이 소요되는 교통 분야의 기술 발전에 기여할 것으로 사료된다.

향후 과제로는 실시간 처리와 진동에 의한 카메라의 흔들림에 강한 알고리즘에 대한 추가의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

※ 참고 문헌

[1] Wei Yun Yan, Han Wang, "Fast Relative Depth Computation for an Active Stereo System", proc. Academic Press. Real-time Imaging 5, pp. 189-202, 1999.

[2] 김은수, 이승현, "3차원 영상의 기초", 技多利, 1998.

[3] Toshio Notoki, Haruo Isono, and Inchiro Yuyama, "Present Status of Three Dimensoinal Television Research", proc. IEEE, Vol. 83, pp.1009-1201, no. 7, July, 1995.

[4] 김종오, "물리학 총론 II부". 교학사, 1998.

[5] Anilk. Jain, Patrick J.Flynn "Three-Dimensional Object Recongnition Systems", ELSEVIER, pp. 17-56, 1993.

[6] D.J Coombs and C.M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binoclar Vision", IEEE Control System, pp. 24-33, 1991.

[7] 이용범, 진성일, 박순용, "촬영법에 따른 입체영상 재현성 비교", 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, 제19권 1호, pp. 503-510, 1996.

[8] T. Olson and D. Coombs, "Real-time Vergence Control for Binocular Robots", International Journal of Computer Vision, vol. 7, no. 1, pp 67-89, 1991.

[9] P. Smith and N. Namdhakhmar, "An Improved Power Cepstrum based Stereo Correspondence Method for Textured Senses", IEEE Trans. On pattern Analysis

and Machine Intelligence, vol. 18, no 3, pp 338-348, Mar., 1996.

[10] Z. F. Wang and N. Ohnish, "Intensity-based Stereo Vision: from 3-D to 3-D" , SPIE, vol.2, pp 434-443, Nov., 1994.

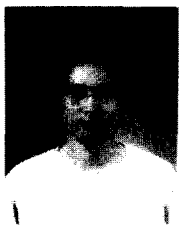
[11] E. Izquierdo M., "Disparity/Segmentation Analysis: Matching with an Adaptive Window and Depth-Driven Segmentation", proc. IEEE trans, Circuits Syst. Video technol., Vol. 9, No. 4, pp. 589-607, June, 1999.

[12] Liang-Hua Chen, Wei-Chung Lin, "Visual Surface Segmentation from Stereo" , Image and Vision Computing, Vol. 15, pp. 95-106, 1997.

[13] A. Dumbreck, C. Smith, and S. Murphy, "The Development and Evaluation of a Stereoscopic television system for remote handling" , Image Technology Journal of BKSTS, pp. 8-12, January, 1990.

[14] D. Marr and T. Poggio, "Computational Theory of Human Stereo Vision", Proc. of Roy. Soc. London B, vol. 204, pp. 302-308, 1997.

허 상 민



2000년 2월 방송통신대 전자계산학과 졸업
2002년 8월 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업
2002년 11월~현재 (주)넥스페이스 GSM S/W 개발 연구원

조 미 령

1997년 2월 방송통신대 (독학사) 전자계산학 학위 취득
1997년 8월 ~ 1999년 7월 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2000년 3월 ~ 2002년 2월 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정

이 상 훈

1983년 2월 광운대학교 응용전자과 졸업 (공학사)
1987년 8월 광운대학교 대학원 전자과 졸업(공학석사)
1992년 2월 광운대학교 대학원 전자과 졸업(공학박사)
1991년 ~ 현재 광운대학교 전자공학부 교수
E-mail : leesh58@mail.gwu.ac.kr

강 준 길

1968 광운대학교 전자공학과 졸업
1970 연세대학교 전자공학과(석사)
1979 연세대학교 전자공학과(박사)
1980 미국 MIT 전자연구소 객원연구원
1982 국제기능올림픽 공업전자 심사관(현)
1985 광운대학교 전자기술연구소 소장
1992 광운대학교 공과대학 학장
1994~1997 광운대학교 총장
1996 한국 통신학회 감사(현)

전 형 준

H. J. JEON. received the B.S., and M.S. degrees in electronic engineering in 1993, 1995 respectively and is currently working toward the Ph.D. degree in electronic engineering from Kwangwoon University, Seoul, Korea..

From 2001 up to now, he has been an R&D engineer at Samsung S1 Corporation, working on development of wireless communication system and transmitter/receiver for UHF band security system..

His research interests include RF devices(H/W), and Bluetooth system for wireless communication..