스테레오 비젼 시스템에서의 이동객체 추출 및 거리 측정

김수인[†] · 남궁 재찬[††]

요 약

본 논문은 스테레오 비젼 시스템을 이용하여 이동 객체를 추출하고 그 객체까지의 거리를 측정하는 방법을 제안하였다. 이동 객체에 대한 이동 성분은 화소 단위의 정합을 통하여 추출하였으며, 적응형 임계값은 영상의 밝기 변화를 제거하는데 효과적으로 대처할 수 있었다. 이동 객체까지의 거리는 평행식 카메라를 적용한 스테레오 비전 시스템을 사용하여 측정하였다. 실험 결과 이동 객체에 대한 거리측정 오차가 평균 1%로 나타남으로써 제안한 알고리즘을 이용한 이동 객체의 거리측정 가능성을 제시하였다.

Moving Object Extraction and Distance Measurement in Stereo Vision System

Soo In Kim[†] and Jae Chan Namgung[††]

ABSTRACT

In this paper, we present a method to extract a moving object and to measure the distance to it by using the stereo vision system. The moving factor is to be extracted through a match of a pixel unit for the moving object where the adaptive threshold is effectively dealt with to remove changes in the brightness of the image. The distance to moving object is measured by using a stereo vision system which employs a parallel camera. The experimental results show that the proposed algorithm could be effectively applied to distance measurement to moving object because it has an average error of one percent.

Key words: Stereo Vision System, Adaptive Threshold, Moving Object Extraction, Distance Measurement to Moving Object

1. 서 론

3차원 계측 기술에는 접촉식 방법과 비접촉식 방법으로 대별되고 접촉식 방법은 물체 표면에 프로브를 접촉하여 3차원 좌표를 계측하는 방식을 말하는 것으로 정밀성은 우수하나 측정시간이 길다는 단점을 갖고 있다. 비접촉식이란 초음파나 광학장치를 이용하는 방법으로 접촉식에 비해 정밀도는 떨어지는 경향이 있으나 측정 시간이 빠르며 고온이나 접촉이 불가능한 물체에 대한 측정도 가능하다는 장점이 있다. 광학장치를 이용하는 방법에는 능동형과 수동형으로 분류할 수 있는데 능동형 방법이란 계측하고자 하는 물체에 빛을 조사시킨 후의 변화를 측정함으로써 3차원 좌표를 계측하는 것으로 무아레법(Moire Topography)에 의한 방법이 있고 수동형 방법이란 관측한 영상에서 피사체의 3차원형상을 계측하는 방법으로 렌즈 초점법과 스테레오 카메라법 등이 있다.

한편, 자율 주행이 가능한 로봇이나, 움직임 추적에 대한 연구[1]는 오랫동안 컴퓨터 비젼 분야에서 연구되어왔다. 이러한 연구의 궁극적인 목표는 인간의 시각계를 컴퓨터로 구현하는데 있다고 볼 수 있을 것이다[2,3]. 인간의 시각 시스템에서 중요한 항목은 3차원 공간에서 입체감을 표현하는 것과 목표물까지의 거리를 인지하는 것이다. 특히, 목표물까지의 거

이 논문은 2001학년도 광운대학교 교내 학술 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

[†] 정회원, 김포대학 공학부 전자정보계열 조교수
[††] 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

리를 인지함으로써 차후의 행동에 대한 의사 결정을 할 수 있으므로 인간의 시각 시스템을 컴퓨터에 적용할 때 중요한 것이 목표물까지의 거리 측정임을 알 수 있다[4,5].

인간의 양안 시각계는 좌, 우측 눈에 의해 획득한 두 영상을 적절히 정합함으로써 거리 정보[6,7]를 얻게 된다. 컴퓨터 비젼에서 인간 시각계를 이용하여 거리추출 능력을 자동화하기 위해 적용하는 분야 중 하나가 스테레오 정합(stereo matching)[8,9]이다. 즉, 스테레오 정합을 이용하여 좌, 우 영상에서 발생되는 시차(disparity)를 구할 수 있으며[10], 이 값을 이용해 객체까지의 거리를 측정할 수 있기 때문에 능동적인 거리 측정법에 비해 효과적이고 실제 사용환경의 제약을 적게 받는다는 장점이 있다.

2차원 영상으로부터 3차원 정보를 추출하는 과정은 매우 중요한 단계로 한 개의 카메라를 이용하는 단안시법과 스테레오 영상을 사용하는 양안 시법이 있다. 여기에서 양안 시법은 두 장 이상의 영상으로부터 거리 정보를 추출할 수 있는 스테레오 비젼 시스템[11]으로 인간의 시각 구조와 유사한 방법으로 영상을 취득한다.

일반적으로 이동객체를 추출할 때, 움직임이라는 것은 감지 시스템과 보여지는 화면 사이의 상대적 위치 변화가 발생한 것이라 할 수 있다. 따라서 이러한 움직임을 감지하여 이동 객체를 추출하기 위한 방법으로는 주파수 성분을 비교하여 사용하는 주파수영역 기법과 동일 공간에서 화소간 비교를 사용하는 공간영역 기법 등을 이용하고있다. 그리고 거리 정보를 구하기 위해서는 좌, 우 영상으로부터 일치점의 변위인 시차를 구한 다음, 삼각 측량법 등을 이용하여 거리 정보를 추출[12]하게 된다.

본 논문에서 거리 측정을 위한 목표물을 이동 성분이 있는 객체로 정의하고, 이 이동객체 영역을 추출하기 위한 방법으로 영상의 밝기 변화를 보완하기 위한 적응형 임계값(adaptive threshold)을 사용하여 영상의 주변밝기 변화에 적응적으로 대처할 수 있도록 한 PRA 방법을 적용하였으며, 추출된 이동객체와 스테레오 비젼 시스템의 특징을 이용하여 이동 객체까지의 거리를 측정하였다. 실험 결과 제안한 알고리즘을 사용하여 구한 이동 객체의 거리 정보는 실측치와 평균 1 % 정도의 오차를 지니고 있어 제안한 알고리즘을 적용하여 이동 객체의 거리측정이 가능함을 제시하였다.

2. 제안된 시스템의 구성

입력된 스테레오 영상으로부터 객체를 자동으로 인식한다는 것은 매우 어려운 일이다. 사람도 정지해 있는 어떤 물체를 응시하거나 혹은 이동하는 물체를 응시함으로써 그 물체를 객체로 인지하여 거리 측정의 척도로 사용하게 되는데, 기계에게 자동으로 이동객체를 추출하여 거리를 측정할 수 있도록 한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 2000년에 이희만에 의해 제안된 모션 캡쳐를 위한 거리 측정 방법[13]에서도 움직임이 있는 부분에 칼라의 마커를 부착하여 그 움직임을 칼라 검색 방법으로 찾아낸 후에 스테레오 영상을 이용한 거리 측정의 방법이 제시되었다.

영상처리에서 움직임을 추출하기 위한 방법으로 주파수 성분을 비교하여 사용하는 주파수영역 기법과 동일 공간에서 화소간 비교를 사용하는 공간영역 기법으로 분류할 수 있는데, 이들의 장·단점을 비교해 보면 다음과 같다.

주파수 영역기법은 주어진 영상의 주파수 성분을 조사하여 그 영상의 주파수 분포를 정의하는 방법으로 여기에는 퓨리에 변환 등을 통한 상관기법 적용이 대표적인 것이다. 즉, 움직임을 추출하기 위해서 퓨리에 변환의 특성에 나타난 상관성을 이용하게 되는데, 이것을 이전 영상과 현재 영상의 주파수 성분을 비교하여 이동 성분을 추출하는 방법으로 계산량이 많다는 단점이 있다.

공간영역 기법은 이전 영상과 현재 영상의 동일 공간에 존재하는 화소를 비교하여 정해진 임계값을 기준으로 이동성분을 추출하는 방법으로 화소기반 추정 방법인 PRA (pixel recursive algorithm)와 블록기반 추정 방법인 BMA(block matching algorithm)[7] 및 광류기반 추정(optical flow) 방법 등이 사용되고 있다. BMA방식은 빠른 움직임을 검출하기에 적합한 알고리즘으로 이전 영상과 현재영상에서 정해진 구간을 일정한 크기의 블록으로 나누어 검색하는 방법으로 구현을 위한 알고리즘이 간단하고 보상 영상이 우수하여 움직임 추정 방법으로 많이 사용되고 있지만, 많은 계산량을 필요로 하는 단점이 있다. 그리고 광류 기반 추정 방식은 시간에 따라 변화하는 영상의 강도 패턴으로부터 2차원적 벡터 분

포를 계산하여 움직임을 추정하는 방법으로 계산 속도가 오래 걸린다는 단점을 갖고 있다. PRA의 움직임 추출 방법은 이전 영상과 현재 영상의 모든 화소에 대하여 감산 연산을 실행하여 움직임을 추출하는 방법으로 정밀성이 우수하나 수행속도가 느리고, 객체의 움직임 벡터를 각각의 화소에 대해 정의해야 한다. 그러나 BMA와 PRA를 비교해 볼 때, 깊이(depth) 정보를 갖는 물체의 경계에서 발생되는 폐색(occlusion) 영역에 의한 오류는 BMA가 더 큰 오류 변화[14,15]를 가지며, 이러한 폐색 영역의 오류는 스테레오 비젼에서 실물과의 구별을 어렵게 하기 때문에 정확한 객체 영역추출을 위해서는 PRA가 더 유리하다. 따라서 본 논문에서는 이동객체를 추출하기 위한 방법으로 PRA와 적응형 임계값을 사용하였다. 본 논문에서는 이 같은 특성을 고려하여 이동 성분을 갖고 있는 단일 이동 물체를 객체로 정의하고, 이 객체에 대하여 스테레오 비젼 시스템을 적용하여 객체까지의 거리를 측정하고자 하였다.

그림 1은 스테레오 비젼 시스템을 이용하여 이동객체까지의 거리를 측정하기 위해서 본 논문에서 제안된 시스템의 흐름도이다. 입력된 영상으로부터 이동 성분을 추출하기 위한 기법으로 PRA의 차 영상법을 사용하여 이동 성분을 구한다. 이 과정에서 주변 환경의 변화 즉, 입력 영상에서 밝기의 변화가 발생하게 되면 차 영상을 추출하는데 있어 고정된 임계값을 적용하는 시스템에서는 이동성분 추출에 많은 오류를 범하게 된다. 그러나 제안한 방법은 이 같은 주변 밝기의 변화에 효과적으로 적응할 수 있는 적응형 임계값 설정할 수 있도록 하였다. 이 방법으로 추출된 이동 객체에 스테레오 비젼 시스템의 특성과 스테레오 시차를 적용함으로써 이동객체까지의 거리를 측정하였다. 여기에서 스테레오 비젼 시스템은 카메라를 설치하는 방법에 따라 평행식과 교차식으로 구분하는데, 본 연구에서는 거리 측정에 효과적인 평행식 설치 방법을 적용하였다. 스테레오 비젼 시스템의 변수로는 카메라의 광학적 사양과 CCD의 사양이 적용되었으며, 카메라 설치 간격 역시 중요한 변수로 사용하게 된다.

3. 이동 객체 추출

이동 객체를 추출하기 위해서는 이동 성분의 추출 방법과 이를 효과적으로 추출하기 위한 처리 기법들

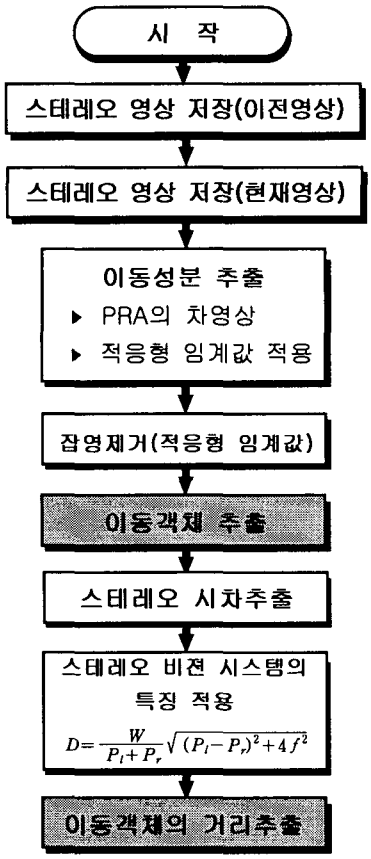


그림 1. 제안한 시스템의 흐름도

이 적용되어야 하는데, 본 논문에서는 다음과 같이 3단계를 적용하여 이동객체를 추출하였다.

3.1 적응형 임계값을 사용한 이동성분 추출

이동 성분을 추출하기 위해서는 이전 영상과 현재 영상의 상호 연산을 통해 추출해야 하는데, 본 논문에서는 측정시간을 단축하고 하드웨어에 의한 구현이 쉬우며 정밀도를 높이기 위해 PRA를 적용하여 이동물체를 추출하였다.

PRA 방법은 식(1)과 같이 이전 영상과 현재 영상의 화소에 대하여 감산 연산을 수행하고, 그 결과의 절대값 이 임계값 이상이면 이동성분으로 인식하여 현재 영상의 화소 값을 취하고, 임계값 이하이면 고정 성분으로 인식하여 화소 값을 0으로 취함으로써 이동 성분에 대한 영상을 구할 수 있다.

$$I_{diff}(x,y) = \begin{cases} f(x,y,t), & \text{if } |f(x,y,t-1)-f(x,y,t)| \geq th \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $f(x, y, t-1)$와 $f(x, y, t)$는 동일 공간에서의 이전영상과 현재영상의 화소밝기이며, $I_{diff}(x, y)$는 차 영상을 만들기 위한 화소 값이고, th는 차 영상을 만들기 위한 임계값이다. 그러나 임계값 th는 주변환경 변화에 따라 조정 되어야하는 값으로 수동에 의해 주어지는 경향이 있어 실시간 처리에서는 부적합한 면이 있으므로 본 논문에서는 이를 적응적으로 임계값(adaptive threshold)을 설정할 수 있도록 하여 주변 환경변화에 능동적으로 대체할 수 있도록 하였다.

카메라를 통해 취득한 영상들은 시간적 변화와 주변 환경의 갑작스러운 밝기 변화를 갖을 수 있다. 또한 스테레오 비젼을 사용하는 경우 좌, 우측 카메라의 특성이 동일하지 않음으로써 발생하는 밝기의 차가 존재 할 수 있다. 이와 같이 밝기 차이를 갖고 취득한 영상으로부터 차 영상을 구하게 되면 지정한 목표물 이외의 많은 영역이 후보 영역으로 나타나게 됨으로써 영상 처리를 행하는데 많은 문제가 발생하게되며, 오류에 의한 잘못된 영역을 추출할 확률도 높아지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 밝기 변화에 대해 취득한 영상을 정규화 시킬 필요가 있는데 이는 취득한 전체 영상에 대해 행하게 됨으로써 많은 시간이 소요되게 된다. 따라서 취득한 영상에 대한 차를 구하여 이동 성분을 추출하는 경우에는 밝기 차이에 의한 임계값 적용을 달리함으로써 효율적인 차 영상을 획득할 수 있게 되며, 본 논문에서는 적응형 임계값을 두 단계로 적용하여 이동 객체를 추출하였다.

첫 번째 단계는 목표물 지정 이전 영상과 현재 영상에 대하여 차 영상을 얻기 위한 임계값 설정에 사용되며, 다른 하나는 추출된 차 영상에 존재 할 수 있는 잡영 제거를 위한 임계값 설정에 사용된다. 아래의 알고리즘은 첫 번째 단계로 목표물 지정 이전의 영상과 현재의 영상에 대한 차 영상을 구하기 위한 적응형 임계값을 구하는 알고리즘이다.

[Step 1] 목표물 지정 이전 영상과 현재 영상에 대하여 각 영상의 평균 밝기를 구한다.

$$E(t-1) = \frac{\sum_{y=0}^{(N_y-1)} \sum_{y=0}^{(N_y-1)} f(x, y, t-1)}{N_x \times N_y},$$

$$E(t) = \frac{\sum_{y=0}^{(N_x-1)} \sum_{y=0}^{(N_y-1)} f(x, y, t)}{N_x \times N_y} \quad (2)$$

여기서 $f(x, y, t-1)$과 $f(x, y, t)$는 동일 공간에서 목표물 지정 이전영상과 목표물 지정 후의 현재영상의 화소밝기이며, $E(t-1)$과 $E(t)$는 이전영상과 현재영상에서 화소밝기의 평균값이고, $N_x \times N_y$는 입력영상의 해상도이다.

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

$$E_{diff} = E(t-1) - E(t) \quad (3)$$

여기에서 E_{diff}는 목표물 지정 이전 영상과 목표물 지정 이후 영상에 대한 평균 밝기의 차이다.

[Step 3] 두 영상의 밝기 차에 대한 적응형 임계값을 구한다.

$$th_{diff} = \alpha E_{diff} + \beta \quad (4)$$
$$= \alpha E_{diff} + \beta E_{(t)} + \gamma$$

여기서 th_{diff}은 두 영상에 대한 차 영상을 구하기 위한 적응형 임계값이고, α는 임계값 결정을 위해 실험에 의해 구해진 비례상수이며, β는 현재 영상의 밝기에 따른 임계값을 정의하기 위한 상수이고 γ는 상수이다. 이들 상수들은 실험에 의해 측정된 값들을 중회귀 분석(multiple regression analysis)을 적용하여 얻어질 수 있다.

일반적으로 입력 영상에 따라 임계값과 적용 범위 매번 조절해 주어야하는데, 제안 알고리즘에서는 식(4)을 이용하여 입력영상에 따라 자동으로 적응형 임계값을 설정함으로써 밝기 변화에 대하여 적응적인 차 영상을 만들 수 있다.

그림 2에서 (a), (b)는 (t-1) 시간과 t 시간의 입력영상이고, (c)는 적응형 임계값을 적용하여 이동성분을 추출한 결과 영상이다.

3.2 잡영 제거

추출된 이동 객체의 영상은 잡영이 존재할 수 있으며, 이 잡영은 이동 객체 영역을 확대시키는 효과를 나타낼 수 있기 때문에 잡영을 제거하여야 한다. 1차적인 적응형 임계값을 적용하면 잡영이 거의 나타나지 않지만 간혹 잔류 잡영이 있을 수 있는데 이 잡영을 제거하기 위한 임계값 설정은 아래와 같이

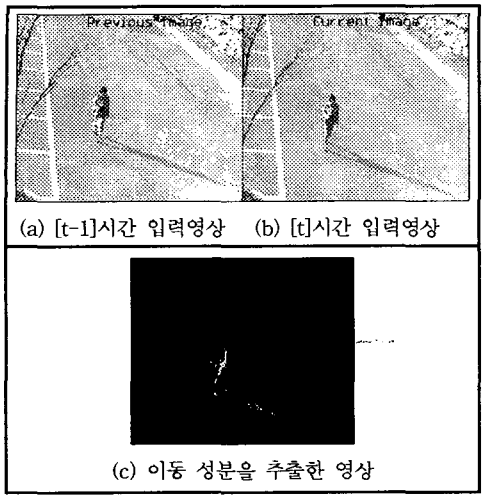


그림 2. 적응형 임계값을 적용한 이동성분 추출

제안한 알고리즘에 의해 제거될 수 있으며, 영상 처리의 전처리 과정으로 사용되었다.

[Step 1] 식 (1)로 부터 추출된 차 영상으로부터 최고 밝기의 값을 갖는 화소의 위치와 그 크기를 구한다.

$$P_{\max} = \arg\max [I_{diff}(x, y)] \quad (5)$$

여기서 $I_{diff}(x, y)$는 차 영상의 각 화소 밝기 값이고, $P_{\max}$는 차 영상 중 가장 밝은 화소의 밝기 값이다.

[Step 2] 임계값을 설정한다.

$$th_n = k \cdot P_{\max} \quad (6)$$

여기서 th_n는 객체를 추출하기 위한 임계값이며, k는 실험에 의해 구해진 비례상수(본 실험에서는 0.97을 사용)로 추출된 이동 물체의 후보 영역에서 이동 물체의 영역을 최대화하기 위한 값으로 결정하였으며, 또한 이 실험 값은 거리 측정 오차를 최소화기 위한 값이기도 하다.

그림 3은 3.1절과 3.2절의 알고리즘을 적용하여 얻은 결과 영상을 보이고 있다. 그림 3의 (a), (b)는 (t-1) 시간과 t 시간의 입력영상이고, (c)는 적응형 임계값을 적용하여 이동 성분만 추출한 영상이고, (d)는 잡영이 제거된 영상이다.

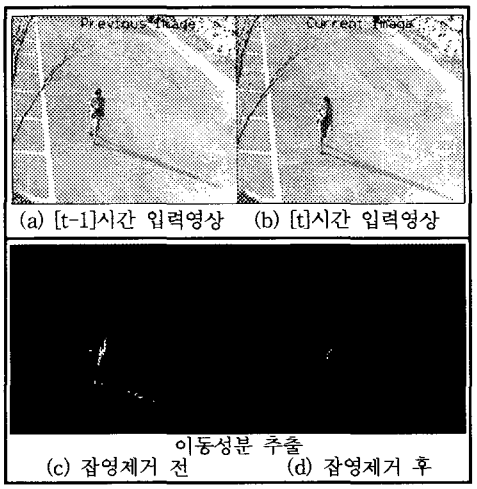


그림 3. 잡음이 제거된 영상

3.3 이동객체 추출

이동 객체의 후보 영역은 적응형 임계값을 적용하여 이동 성분 이외의 잡영과 그림자 영역은 모두 제거 된 상태의 후보 영역을 갖게 된다. 이렇게 추출된 이동 객체의 후보 영역에 화소주사 방식을 적용하여 이동객체 영역만 추출하도록 하였다. 즉, 위에서 아래(top to bottom)로 그리고 좌에서 우(left to right)로 주사하여 이동객체가 존재하는 시작점 좌표 $P_{start}(x, y)$를 구하고, 아래에서 위(bottom to top)로 그리고 우에서 좌로 주사하여 이동객체가 존재하는 끝점 좌표 $P_{end}(x, y)$를 구하였다. 여기에서 구해진 이동객체의 시작점과 끝점 좌표를 이용하여 이전 영상과 현재 영상 중에서 이동 성분이 있는 영역을 추출한다.

그림 4는 제안한 알고리즘으로 다른 영상에 적용하여 이동 객체영역을 추출한 영상이다.

그림 4의 (a), (b)는 (t-1) 시간과 t 시간의 입력영상이고, (c)는 잡영을 제거한 후의 이동성분 추출영상이며, (d)는 이동객체를 추출하여 이동객체 영역을 표시한 영상이다.

4. 스테레오 비젼을 이용한 거리 측정

본 논문에서는 인간의 시각계를 근거로 한 양안시차를 이용하기 위하여 좌, 우측에 두 대의 카메라를 설치하여 인간의 눈과 유사한 기능을 하도록 하여 3차원 영상으로부터 시차 정보를 추출함으로써 객체까지의 거리를 산출 할 수 있도록 하였다.

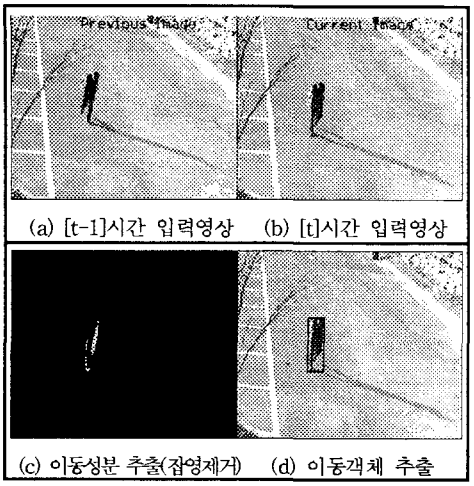


그림 4. 이동객체 추출

시차는 좌, 우측 카메라에서 획득한 영상이 일치하지 않고 벗어나 있는 상태를 말하는 것으로 거리를 구하는데 매우 중요한 자료가 된다. 따라서 시차 성분을 추출하기 위해서는 좌, 우측 영상을 비교하여 같은 영역을 찾아내고 이 영역에 대한 벗어남 정도를 계산하여 구할 수 있다. 그러나 양안 시차 추출에서는 단지 2차원 영상에서 보이는 단면만을 이용하기 때문에 실제 3차원 영상에 존재하는 폐색 영역의 시차 값을 찾지 못하는 문제점이 발생된다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 이동 객체를 좌, 우 카메라에 대하여 각각 추출하고 추출된 영역에 대하여 시차를 구하였다. 이렇게 함으로써 객체를 움직임 성분이 있는 것으로 제한하게 되어 많은 문제를 해결 할 수 있고 빠른 연산이 이루어지게 된다.

앞에서 구한 이동객체 영역의 시작점과 끝점의 좌표를 이용하여 좌, 우측 영상의 이동 객체 영역의 무게 중심을 구하고, 이 무게 중심 좌표의 X축 차이 값을 수평 시차로 하여 이동 객체의 시차를 구하였다.

수평 시차는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_{disprity}(x) = W_L(x) - W_R(x) \tag{7}$$

여기에서 $W_L(x)$, $W_R(x)$는 각각 좌, 우측 영상의 x축 무게 중심이다. 식(7)에서 산출된 수평 시차 $D_{disprity}(x)$는 거리를 계산하는데 중요한 변수가 된다.

그림 5는 추출된 이동 객체에 대한 시차를 보여주고 있다. 그림에서 (a)의 좌, 우측 영상은 스테레오 영상의 이전 입력영상이며, (b)의 좌, 우측 그림은 스테레오 영상의 현재 입력영상이다. 그리고 (d)에서 우측 영상의 윈도우는 시차 영역을 나타내는 표시이다.

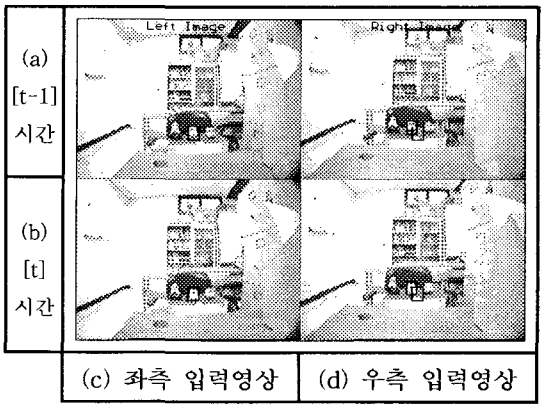


그림 5. 추출된 이동 객체의 시차 영역

스테레오 영상을 취득하기 위한 좌, 우 카메라의 설치 방법은 광 축의 나열 형태에 따라 평행식과 교차식으로 구분되어 설치되게 된다. 본 논문에서는 입체감을 중요시하고 있지 않기 때문에 즉, 거리 정보를 우선으로 하기 때문에 평행식을 사용하여 거리를 측정하였다. 평행식 카메라 설치법에 대한 거리 산출은 다음과 같이 행하여진다.

그림 6에서 목표물 A까지의 거리 D는 스테레오 카메라 설치 중심점으로부터의 거리이며, 이 거리는 목표물 A와 두 대의 카메라에 맺혀진 영상의 위치에 의해 형성된 삼각형에 의해산출될 수 있으며, 이에 대한 식은 식 (8)와 같이 표현 될 수 있다.

$$D = \frac{W}{P_l + P_r}\sqrt{(P_l - P_r)^2 + 4f^2} \tag{8}$$

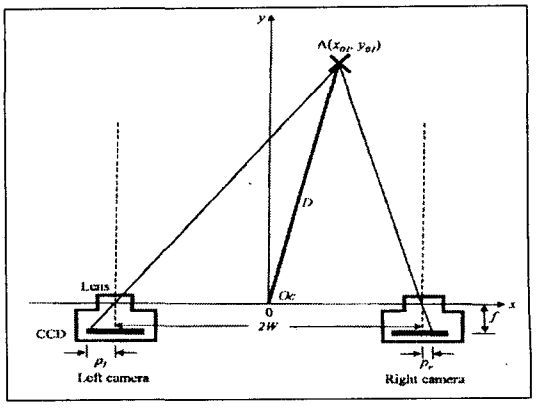


그림 6. 평행식 스테레오 카메라의 구조

여기에서 P_l, P_r은 좌, 우측의 카메라에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리이고, W는 두 카메라 사이의 중심 거리, f는 렌즈와 CCD사이의 거리이며, D는 목표물과의 거리이다.

5. 실험 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 카메라는 JC0002R1의 소형 카메라를 사용하여 스테레오 영상을 취득하였으며, 카메라의 설치 간격은 63(mm)로 하였다. 또한 시스템은 펜티엄-90의 IBM PC 호환 시스템과 DOS환경에서 Turbo C를 사용하여 구현하였다.

5.1 이동 객체의 추출

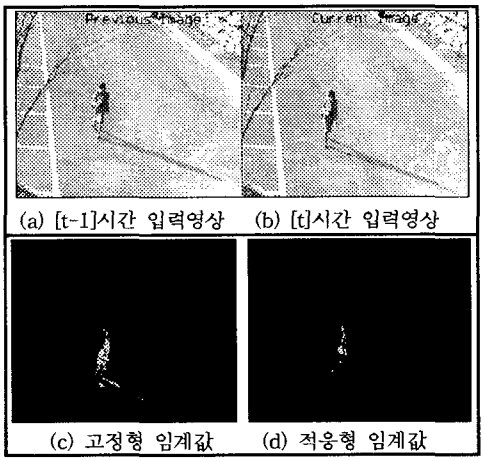
이동 객체를 추출하기 위해서는 이전 영상과 현재 영상이 필요하며, 이 두 영상의 차에 의해 이동 객체를 추출할 수 있다. 여기서 중요한 것이 취득한 영상의 밝기 변화에 따른 잘못된 영역 추출이나 확대 현상이며 이를 줄이기 위해 적응형 임계값 설정을 제안하였고, 이를 근거로 실험을 하였다.

그림 7의 (c)는 입력된 두 영상에 대한 차 영상을 얻기 위해 적응형 임계값을 적용하지 않은 결과로 그림에서 보는 것과 같이 이동 객체 이외에 많은 부분이 후보 영역으로 존재함을 알 수 있다. (d)는 본 논문에서 제안한 적응형 임계값을 사용하여 차 영상을 추출한 것으로 (c)에 비해 후보 영역이 매우 좁혀져 있음을 알 수 있다.

20장의 영상에 대한 환경 변화에 따른 임계값을 측정한 자료를 통계적인 중회귀 분석을 적용하여 식 (4)를 실험식으로 구한 결과 식(9)와 같이 나타낼 수 있었다. 여기서 E_{diff}는 이전 영상과 현재 영상의 평균 밝기 차이며, $E(t)$는 현재 영상의 평균 밝기 값이다.

$$\begin{aligned} th_{diff} &= \alpha E_{diff} + \beta \\ &= \alpha E_{diff} + \beta E_{(t)} + \gamma \\ &= [-0.131]\, E_{diff} + [-(0.063)\, E(t) + 107.943] \end{aligned} \tag{9}$$

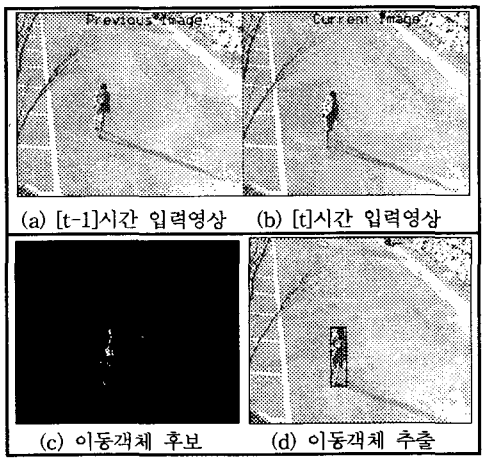
식 (9)를 적용하여 추출한 차 영상은 이동물체를 찾기 위한 후보 영역으로 잡영이 존재할 가능성이 있기 때문에 제안한 2번째 임계값을 적용한다. 즉, 추출된 후보 영역에서 가장 밝은 밝기를 갖는 화소값을 구하여 그 값의 97%에 해당하는 화소만 남기고 나머지 화소는 제거하는 알고리즘을 적용하여 이동 객체 영역을 추출하도록 하였다. 그림 8은 주어진 두 영상과 이에 대한 차 영상 그리고 추출된 이동 객체를 나타낸 것으로 (a), (b)는 이전영상과 현재영상이고, (c)는 잡영이 제거된 이동 객체 후보 영역이며, (d)는 이동객체를 추출한 영상으로 정확하게 객체 영역이 추출되었다.



(a) [t-1]시간 입력영상 (b) [t]시간 입력영상

(c) 고정형 임계값 (d) 적응형 임계값

그림 7. 차 영상의 후보 영역



(a) [t-1]시간 입력영상 (b) [t]시간 입력영상

(c) 이동객체 후보 (d) 이동객체 추출

그림 8. 이동 객체의 추출

5.2 목표물의 거리 측정

스테레오 비젼을 이용하여 거리를 측정하기 위해서는 카메라의 설치 방법과 카메라 켈리브레이션 및 스테레오 카메라의 설치 간격 그리고 카메라의 특성이 주어져야하는데, 실험에서 사용한 스테레오 비젼 시스템의 특성은 표 1과 같다.

표 1. 스테레오 비젼 시스템의 특성

항 목			특 성	비고
1. 카메라 설치 방법			평행식 설치	
2. 카메라 설치 간격			63(mm)	2W
3. 카메라 초점 거리			3.6(mm)	f
4. 카메라 CCD	크 기	1화소	9.6×7.5 (㎛)	
		전체	4.9×3.69 (㎜)	
	해상도	가로	512 dots	
		세로	492 lines	

위의 특성을 지닌 스테레오 비젼 시스템에서 거리는 식(8)을 적용하여 거리를 계산 할 수 있다. 또한, 식(7)의 화소 단위의 수평시차는 다음과 같이 쓸 수 있으며, 이것을 식(8)에 대입하여 거리를 구할 수 있다.

$$D_{disprity}(x) = W_L(x) - W_R(x)$$
$$= P_{lp} - P_{rp}$$

$$D = \frac{W}{(P_l + P_r)}\sqrt{(P_l - P_r)^2 + 4f^2}$$
$$= \frac{3.15\times10^{-2}}{(15.36\times10^{-6})\times(P_{lp}+P_{rp})}$$

$$\times\sqrt{(15.36\times10^{-6})^2\times(P_{pl}-P_{rp})^2+4\times(3.6\times10^{-3})^2}$$

$$= \frac{2.0508}{P_{lp}+P_{rp}}\sqrt{(0.236\times0.001)\times(P_{pl}-P_{rp})^2+51.84}$$

여기에서 D는 두 카메라의 중심에서 목표물까지의 거리, W는 두 카메라 사이의 중심에서의 거리, f는 카메라 렌즈에서 CCD까지의 거리(촛점 거리)이다. 그리고 P_l과 P_r은 길이 개념이지만, P_{lp}와 P_{rp}는 화소 개념으로 좌, 우측 카메라에 맺혀진 영상이 CCD의 중앙으로부터 벗어난 화소의 수이다.

그림 9는 두 영상으로부터 추출된 이동 객체의 거리를 측정한 결과를 보인 것으로 (d)의 아래 측의 것이 최종 거리를 표시한 것이다.

이 실험은 5개의 영상을 입력하여 거리측정을 하였으며, 측정된 거리는 실측에 의해 측정된 거리와 비교하여 그 오차를 산출한 결과 평균 1% 범위의 오차를 갖는 것을 확인하였는데 이 같은 오차의 원인은 실측 시 판독 오차도 적용 될 수 있으며, 카메라의 설치 시 요구되는 정밀도의 미흡, 카메라 규격의 불균일 등을 들 수 있다. 이러한 오차의 원인은 보완을

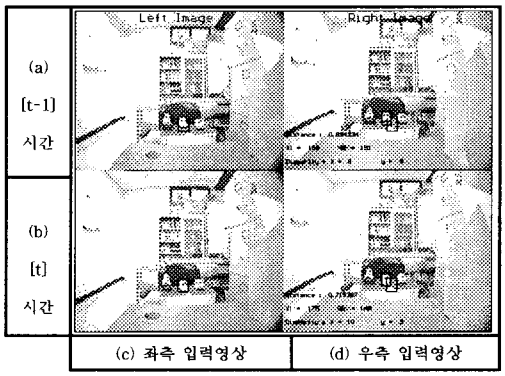


그림 9. 목표물까지의 거리 측정

통해 개선 될 수 있는 요인들이다.

표 2는 실험에 사용된 5개 영상의 거리측정 데이터를 나타낸 것으로 측정 거리가 멀수록 측정 오차는 적어지며, 근 거리 일수록 측정 오차가 커짐을 알 수 있다. 이것은 스테레오 비젼 시스템을 구성하는 평행식 카메라 설치법의 한 특성으로 근거리에서의 시차는 커지며, 원거리에서의 시차는 작이 지는 특성이 있어 발생되는 오차이다. 오차는 식(10)을 사용하여 산출하였다.

$$\varepsilon = \frac{M-R}{R}\times100\ (\%) \qquad (10)$$

여기서 ε은 오차율, M은 측정값, R은 기준 값이다.

표 2. 거리 측정 데이터

목표물	실측 거리	측정거리	오차율	비고
A	0.5(m)	0.521(m)	4.2(%)	
B	0.7(m)	0.719(m)	2.7(%)	
C	0.9(m)	0.894(m)	-0.6(%)	
D	1.1(m)	1.078(m)	-0.7(%)	
E	1.5(m)	1.491(m)	-0.6(%)	

6. 결 론

본 논문에서는 적응형 임계값을 이용한 PRA의 차영상으로부터 이동 객체를 추출하고, 스테레오 비젼 시스템의 특성과 스테레오 시차를 구하여 이동 객체의 거리를 측정하는 방법을 제안하였다. 기존의 방식은 입력 영상의 환경에 따라 임계값을 수동으로 조절

해야 하기 때문에 연속적으로 이동하는 물체의 경우 실시간 처리가 어려웠으나 제안한 알고리즘의 적응형 임계값을 사용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있었다. 실험 결과 양질의 차 영상을 취득하여 이동 객체의 위치를 정확하게 찾을 수 있었으며, 또한 이동 객체의 거리 측정에서 1% 범위의 평균 오차를 갖고 거리 측정이 가능하였다.

따라서 본 연구 결과 목표물 지정 방식의 유용성과 이동 객체까지의 거리측정 가능성을 제시하였으며, 로봇 비젼 시스템의 거리 측정에 적용함으로써 자율 주행을 하는 로봇에 많은 효과가 있을 것으로 사료된다. 또한, 향후에는 다중 이동 물체의 움직임에 대한 객체 추출 및 추적에 대하여 적용하는 연구가 수행되어야할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Yi-Mo Zhang, Yu-Wen Qin, Bao-Zhen Ge, Zhan-Hua Huang, and Xi-Ming Chen, "Adaptive Moving Object Tracking Using Nonlinear JTC", SPIE, vol.2778, pp.457-458, 1996.

[2] D. Marr and T. Poggio, "Computational Theory of Human Stereo Vision", Proc. of Roy. Soc. London B, vol. 204, pp. 302-308, 1979.

[3] D.J Coombs and C.M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Vision", IEEE Control Sysytem, pp.24~33, 1991.

[4] 김종오, "물리학 총론 II부". 교학사, 1998.

[5] 김인섭 "측량학", 구미서관, 1994.

[6] 김은수, 이승현, "3차원 영상의 기초", 기다리, 1998.

[7] Anilk. Jain, Patrick J.Flynn, "Three-Dimensional Object Recongnition Systems", ELSEVIER, 1993.

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

[9] Wei Yun Yau, Han Wang, "Fast relative Depth Computation for an Active Stereo Vision System", proc. Academic Press. Real-Time Imaging 5, pp. 189-202, 1999.

[10] 서효기, "시차 정보를 이용한 스테레오 영상의 배경 분리에 관한 연구", 1999년, 광운대학교 석사학위 논문.

[11] Grinberg, V. S., G.W.Podnar, and M.W. Sigel, "Geometry of Binocular Imaging", Proc.SPIE Vol. 2177, pp. 56-65, 1994.

[12] U.R Dhond and J.K Aggrawal, ""Structure from stereo-A review." IEEE trans, System. Man. and Cybern., Vol. 19, pp.1489-1510, 1989.

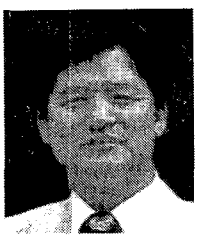
[13] 이희만, "모션 캡쳐를 위한 거리측정 방법", 서원대학교 응용과학 연구논문지, 10권 1호, pp53-68, 2001.

[14] 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.

[15] Liang-Hua Chen, Wei-Chung Lin, "Visual surface segmentation from stereo", Image and Vision Computing, Vol. 15, pp.95-106, 1997.

김 수 인

1984년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업
1991년 2월 광운대학교 전산기공학과 석사
1984년 2월~1991 4월 갑일전자 연구소 근무
1991년 6월~1996. 2월 유켄 컴퓨터 기술부 근무
2000년 12월 광운대학교 컴퓨터 공학과 박사 수료
1996년 3월~ 현재 김포대학 공학부 전자정보계열 조교수
관심분야 : 스테레오 비젼, 영상 처리 및 인식



남궁 재찬

1970년 2월 안하대학교 전기공학과 졸업
1976년 8월 인하대학교 전자공학과 공학 석사
1982년 2월 인하대학교 전자공학과 공학박사
1979년 3월~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 영상 처리, 신경망, 문자인식, 영상통신