

영상감시 시스템에서 평행식 스테레오 카메라를 이용한 다중 이동물체의 거리측정

(Distance Measurement of the Multi Moving Objects using Parallel Stereo Camera
in the Video Monitoring System)

김수인* · 이재수 · 손영우

(Soo - In Kim · Jae - Soo Lee · Young - Woo Shon)

요 약

본 논문은 평행식 스테레오 영상감시 시스템을 이용하여 3차원 공간에서 다중 이동물체를 검출하고, 카메라에서 이동 물체까지의 거리를 측정하는 알고리즘을 제안하였다. 스테레오 영상감시 시스템의 좌, 우측 영상을 입력을 받아 적응형 임계값과 화소귀납 알고리즘(PRA, pixel recursive algorithm)을 사용하여 다중 이동물체 영역을 추출하였다. 그리고 각각의 물체영역을 윈도우 마스크로 검출하고, 다중 이동물체 각각의 위치좌표와 스테레오 시차를 구하였다. 이 시차와 스테레오 비전 시스템의 특성 및 삼각 함수를 이용하여 다중 이동물체의 거리를 측정하였다. 실험결과 거리측정 오차도 7.28%이내에 존재하였으며, 따라서 제안한 알고리즘을 이용하여 시스템을 구현할 경우 스테레오 방법 시스템, 자율 이동로봇 및 스테레오 원격제어 시스템 등에 응용될 수 있을 것이다.

Abstract

In this paper, a new algorithm for the segmentation of the multi moving objects at the 3 dimension space and the method of measuring the distance from the camera to the moving object by using stereo video monitoring system is proposed. It get the input image of left and right from the stereo video monitoring system, and the area of the multi moving objects segmented by using adaptive threshold and PRA(pixel recursive algorithm). Each of the object segmented by window mask, then each coordinate value and stereo disparity of the multi moving objects obtained from the window masks. The distance of the multi moving objects can be calculated by this disparity, the feature of the stereo vision system and the trigonometric function.

From the experimental results, the error rate of a distance measurement be existed within 7.28%, therefore, in case of implementation the proposed algorithm, the stereo security system, the automatic moving robot system and the stereo remote control system will be applied practical application.

Key Words : video monitoring system, multi moving object, parallel stereo system, PRA, moving elements, distance measurement

* 주저자 : 김포대학 전자정보계열 조교수

Tel : 031-999-4151, Fax : 031-999-4775

E-mail : sikim@kimpo.ac.kr

접수일자 : 2003년 11월 12일

1차심사 : 2003년 11월 21일

심사완료 : 2003년 12월 13일

1. 서론

무인 영상 감시 시스템은 전자 기술의 급속한 발전에 따라 공장 지역의 산업계뿐만 아니라 특정 지역 및 특정 분야에 일반화되어 널리 사용되고 있다. 특히, 우리 주변에서는 빌딩 자동화 시스템, 아파트 출·입구 관리 시스템, 슈퍼마켓/편의점 관리 시스템, 교차로 및 도로 관리 분야 등에서 영상 감시 시스템의 사용 범위는 빠른 속도로 확산되어 가고 있다. 이와 같이 영상 감시 시스템은 특정 지역이나 임의의 지점에서 이동 물체들을 감시하여 그 결과를 알려 줌으로써 감시자가 다음 행동을 결정할 수 있는 보조적인 유용한 정보를 제공해 준다. 최근에 우리 실생활에서 무인방범 시스템과 무인 자동화 시스템 등의 무인 영상감시 시스템의 사용이 늘어남에 따라 보다 효율적인 영상 감시 시스템을 개발하기 위한 다양한 기법들과 이동 물체의 감시 및 실시간 추적 기술에 대한 연구[1-4]와 교차식 스테레오 비전 시스템을 이용한 단일물체의 거리 측정[5]에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

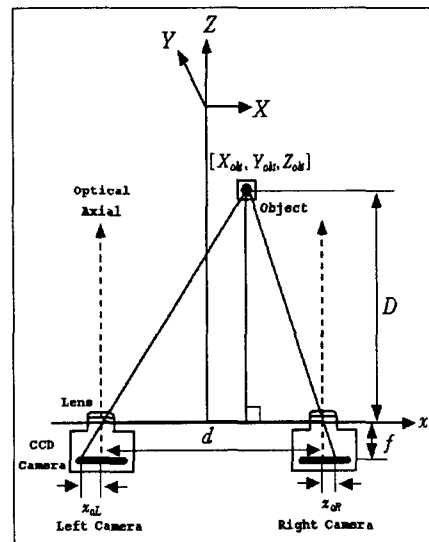
사람의 시각 시스템에서 중요한 항목은 3차원 공간에서 다중 물체를 인지하여 물체까지의 거리를 예측 혹은 측정할 수 있다는 것이다. 따라서 물체를 인지하고 물체까지의 거리를 측정함으로써 차후의 행동에 대한 의사 결정을 할 수 있으므로 사람의 시각 시스템을 컴퓨터에 적용할 때 중요한 것이 물체까지의 거리 측정임을 알 수 있다. 사람의 시각계를 응용한 스테레오 비전 시스템[6-10]을 이용하여 거리 정보를 구하기 위해서는 좌, 우측 입력 영상의 이동 물체가 카메라의 중심으로부터 떨어진 거리, 스테레오 시차 및 주시각과 삼각 측량법 등을 이용하여 거리 정보를 측정[11-13]하는 것이 일반적인 것이다.

본 논문에서 거리 측정을 위한 물체를 이동 성분이 있는 다중 이동물체로 정의하고, 평행식 스테레오 카메라로 입력된 영상으로부터 영상의 주변 밝기 변화에 적응적으로 대처할 수 있는 적응형 임계값과 화소귀납 알고리즘 및 히스토그램 등을 사용하여 다중 이동물체 영역을 추출하여 다중 이동물체 각각의 위치좌표를 구하였다. 좌, 우측의 위치 좌표를 통해 스테레오 시차를 구할 수 있으며, 이 시차와 스테레

오 비전 시스템의 특성 및 삼각 함수를 이용하여 원하는 다중 물체의 거리를 측정하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 제안한 알고리즘을 적용하여 구한 다중 이동물체의 거리 정보는 평균 오차율이 7.28%가 되었으며, 시스템 메커니즘 오차, 픽셀 대 각도의 대응 오차 및 사람이 실측할 때의 오차 등을 감안하면, 제안한 알고리즘의 다중 이동물체 거리정보는 감시자가 다음 행동을 결정할 수 있는 보조적인 유용한 정보가 될 수 있어 제안한 알고리즘을 적용하여 다중 이동물체의 거리측정이 가능함을 제시하였다.

2. 평행식 스테레오 카메라의 분석

그림 1은 동일한 초점거리(f)를 갖고 나란히 위치한 두 대의 카메라로 구성된 평행식(parallel method) 스테레오 카메라 구성법을 나타낸 것이다. 평행식 카메라 시스템은 평행한 렌즈의 광축과 평행한 카메라의 광축을 가진 두 카메라를 이용하는 방식이다. 이 방식에서 얻어지는 좌, 우측 영상 사이의 공통 지역은 광축 사이의 거리에 따라서 매우 작아지며 수직 시차가 없기 때문에 영상처리시 커다란 장점을 갖게 된다.



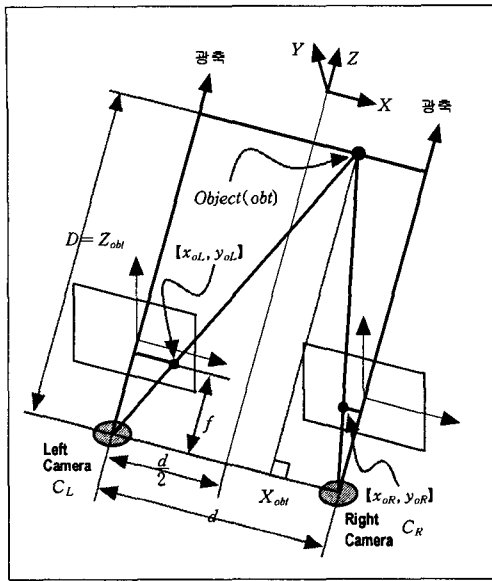


그림 1. 평행식 스테레오 카메라의 구성법
Fig. 1. Geometries for stereo camera of parallel method

본 논문에서는 입체감을 중요시하고 있지 않기 때문에 즉, 거리 정보를 우선으로 하기 때문에 평행식을 사용하여 거리를 측정하고자 하였다. 그림 1에서 D 는 스테레오 카메라에서부터 물체(object)까지의 거리이며, 이 거리는 물체와 두 대의 카메라에 맺혀진 영상의 위치에 의해 형성된 삼각형에 의해 산출될 수 있다.

여기에서 x_{oL} , x_{oR} 은 좌, 우측의 카메라에 맺혀진 영상의 중심으로부터 벗어난 거리좌표이고, d 는 두 카메라 사이의 거리이며, f 는 렌즈와 CCD사이의 초점거리이다.

3. 다중 이동물체의 거리측정을 위한 제안 알고리즘

그림 2는 평행식 스테레오 카메라 시스템을 이용하여 다중 이동물체 영역을 추출하고, 이 값으로부터 다중 이동물체까지의 거리를 측정하기 위해서 본 논문에서 제안한 시스템의 흐름도이다.

평행식 스테레오 카메라로 입력된 이전영상과 현

재영상으로부터 영상의 주변밝기 변화에 적응적으로 대처할 수 있는 적응형 임계값과 화소귀납 알고리즘을 사용하여 차 영상의 다중 이동물체 영역을 추출하였다. 그리고 각각의 물체영역을 히스토그램으로 분할하여 윈도우 마스크로 검출한 후 다중 이동물체 각각의 위치좌표를 구한다. 각 물체의 좌, 우측 위치 좌표로부터 그 물체의 스테레오 시차를 구할 수 있으며, 이 시차와 스테레오 비전 시스템의 특성 및 삼각 함수를 이용하여 원하는 다중 이동물체의 거리를 측정하는 방법을 제안하였다.

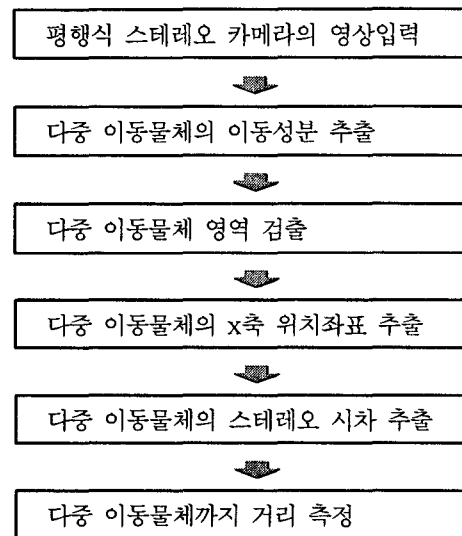


그림 2. 제안된 알고리즘의 흐름도
Fig. 2. A flowchart of proposed algorithm

3.1 다중 이동물체의 이동성분 추출

이동물체의 이동 성분을 추출하는데 방법에 따라 특징기반 방법(feature-based method)과 블록단위로 비교하는 블록 매칭 방법(block matching method) 및 화소를 이용하는 방법(pixel-based method) 등으로 분류할 수 있다. 이 중에서 화소단위의 차영상 방법은 두 연속 영상으로부터 차영상을 구하고, 이를 이용하여 움직임이 있는 부분만 차영상으로 표시되므로 비교적 빠르게 이동성분을 추출할 수 있다.

본 논문에서는 스테레오 입력 영상에서 이전 영상과 현재 영상의 상호 연산을 통해 이동성분을 추출하는데 측정시간을 단축하고 하드웨어 구현이 쉬운

며 정밀도가 높은 차영상 방법의 화소귀납 알고리즘을 적용하여 이동객체 영역을 추출하였다. 화소귀납 알고리즘은 식(1)과 같이 이전 영상과 현재 영상의 화소에 대하여 감산 연산을 수행하는 것이고, 그 결과의 절대값이 임계값 이상이면 이동성분으로 인식하여 현재 영상의 화소 값을 취한다. 또한, 임계값 이하이면 고정 성분으로 인식하여 화소 값을 0으로 취함으로써 이동 성분에 대한 영상을 구할 수 있다. i 프레임의 스테레오 입력 영상에서 좌측 카메라의 이전영상과 현재영상의 화소 밝기를 $I_{il}(x, y, t-1)$ 과 $I_{il}(x, y, t)$ 로, 그리고 우측의 이전영상과 현재영상의 화소 밝기를 $I_{ir}(x, y, t-1)$ 과 $I_{ir}(x, y, t)$ 으로 나타낼 수 있다. 여기에서 우리는 좌측영상을 중심으로 제안한 알고리즘을 설명하고자 하며, 우측영상은 같은 방법으로 적용하면 된다.

$$I'_{iLD}(x, y) = \begin{cases} I_{il}(x, y, t), & \text{if } |I_{il}(x, y, t) - I_{il}(x, y, t-1)| \geq th \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식(1)에서 $I'_{iLD}(x, y)$ 는 차 영상을 만들기 위한 화소 값이고, th 는 차 영상을 만들기 위한 임계값이다. 그러나 임계값 th 는 주변환경 변화에 따라 조정되어야 하는 값으로 수동에 의해 주어지는 경향이 있어 실시간 처리에서는 부적합한 면이 있다. 따라서 이를 적용적으로 임계값(adaptive threshold)을 설정할 수 있도록 하여 주변 환경변화에 능동적으로 대체할 수 있도록 하여야 한다. 즉, 스테레오 입력의 이전영상과 현재영상에 대하여 각 영상의 평균 밝기를 구한 다음, 평균 밝기 값에 대한 차를 구하여 식 (2)와 같이 두 영상의 밝기 차에 대한 적응형 임계값을 구하여 적용[5]하였다.

$$th_{adp} = \alpha E_{iLD} + \beta \quad (2)$$

여기에서 E_{iLD} 는 동일 공간에서 i 프레임에서 스테레오 좌측 입력의 이전영상과 현재영상에 대한 평균밝기의 차이이다. th_{adp} 은 두 영상에 대한 차 영상을 구하기 위한 적응형 임계값이고, α 는 임계값 결정을 위해 실험에 의해 구해진 비례상수이며, β 는 현재

영상의 밝기에 따른 임계값을 정의하기 위한 상수이다. 이들 상수들은 실험에 사용된 스테레오 비전 시스템의 특성 및 환경에 따라 측정된 값들을 다중회귀 분석(multiple regression analysis)을 적용하여 얻어질 수 있다. 따라서 식(1)을 적응형 임계값을 사용하여 다음과 같이 수정할 수 있다.

$$I_{iLD}(x, y) = \begin{cases} I_{il}(x, y, t), & \text{if } |I_{il}(x, y, t) - I_{il}(x, y, t-1)| \geq th_{adp} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $I_{iLD}(x, y)$ 는 적응형 임계값을 사용하여 구한 차 영상의 각 화소 밝기 값으로 이동성분이 있는 다중 이동 물체영역만 존재할 것이다.

3.2 다중 이동물체 영역추출 및 거리측정

3.2절에서 부터가 본 논문에서 제안한 알고리즘으로 이동물체 영역을 구분(segmentation)하기 위해 잡영이 제거되고 이동물체 영역만 존재하는 식 (3)의 차영상[$I_{iLD}(x, y)$]에 히스토그램 기법을 적용하였다. 다음에 위에서 아래로 그리고 좌에서 우로 스캔하여 교차점을 찾아 물체를 구분하였다. 즉, 스캔한 누적 값이 특정값 이상이면 이동물체의 시작점 좌표로, 특정값 이하면 끝지점 좌표로 인식하여 이동물체를 윈도우로 표시하도록 하였다. 이 스캔 과정을 히스토그램 결과의 영상 전체에 대하여 처리하면 다중 물체가 존재하는 영역만 윈도우 마스크로 분리할 수 있다. 윈도우 마스크를 통해 다중 이동물체 영역이 결정되었으므로 i 프레임에서 이동물체의 (x, y) 축 위치좌표를 식(4)에 의해 구할 수 있다.

$$O_{iNL}(x_{pL}, y_{pL}) = [\frac{x_{NL_sta} + x_{NL_end}}{2}, \frac{y_{NL_sta} + y_{NL_end}}{2}] \quad (4)$$

여기에서 $O_{iNL}(x_{pL}, y_{pL})$ 는 i 프레임의 좌측영상에서 N 번째 이동물체의 위치좌표이고, x_{NL_sta} 와 y_{NL_sta} 는 i 프레임의 좌측영상에서 N 번째 이동물체의 윈도우 마스크 시작지점 좌표이며, x_{NL_end} 와 y_{NL_end} 는 i 프레임의 좌측영상에서 N 번째 이동물체의 윈도우 마스크 끝지점 좌표이다. 같은 방법으로 i 프레임의 우측영상에서 N 번째 이동물체의

위치좌표 $O_{iNR}(x_{pR}, y_{pR})$ 을 구할 수 있다. 그리고 i 프레임의 좌, 우측 영상에서 N 번째 이동물체의 스테레오 시차 $(x_{pL} - x_{pR})$ 는 x 축 좌표로 표시된다.

다음에 이 스테레오 시차를 이용하여 이동 물체까지의 거리를 측정할 수 있는 알고리즘에 대하여 알아보자. 그림 1에서 임의의 물체 거리좌표를 $[X_{obt}, Y_{obt}, Z_{obt}]$ 라하고, 좌, 우측 CCD 카메라에 맺히는 영상의 거리좌표를 각각 $[x_{oL}, y_{oL}]$, $[x_{oR}, y_{oR}]$ 라고 하면 그림 3에서처럼 x 축의 닳은꼴 삼각형으로 표현할 수 있다. 그림 3에서 삼각형의 닳은꼴의 비례식을 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} f : D_N = x_{oL} : (X_{obt} + \frac{d}{2}) \\ f : D_N = x_{oR} : (X_{obt} - \frac{d}{2}) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 d 는 기준선상에서 두 카메라간의 거리이며, f 는 카메라의 초점거리이다. 식 (5)을 N 번째 이동물체의 거리 D_N 에 관하여 정리하면 다음과 같은 결과를 갖게 된다.

$$D_N (x_{oL} - x_{oR}) = d \cdot f \quad (6)$$

식(6)으로부터 다중물체 중에서 N 번째 물체의 거리를 나타내는 D_N 을 식(7)과 같이 얻을 수 있다.

$$D_N = \frac{d}{(x_{oL} - x_{oR})} f \quad (7)$$

여기에서 $[x_{oL}, x_{oR}]$ 는 거리 개념의 좌표로써 카메라에 맺혀진 영상이 CCD의 중앙으로부터 벗어난 거리이다. 따라서 물체의 거리시차 $(x_{oL} - x_{oR})$, 스테레오 시차가 아님]는 CCD 카메라의 특성과 스테레오 시차에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x_{oL} = x_{pL} \cdot l_{dot}, \quad x_{oR} = x_{pR} \cdot l_{dot} \quad (8)$$

$$(x_{oL} - x_{oR}) = (x_{pL} - x_{pR}) l_{dot} \quad (9)$$

여기에서 x_{oL}, x_{oR} 은 좌·우측 카메라에 맺혀진 영상이 CCD의 중앙으로부터 x 축 방향으로 벗어난 길이의 거리이며, x_{pL}, x_{pR} 은 좌·우측 카메라에 맺혀진 영상이 CCD의 중앙으로부터 x 축 방향으로 벗어난 화소(pixel)의 수이다. 그리고 l_{dot} 는 CCD 카메라의 입력 영상에서 화소(dot)와 화소(dot)사이의 길이로써 카메라 제조시 주어지는 값이다.

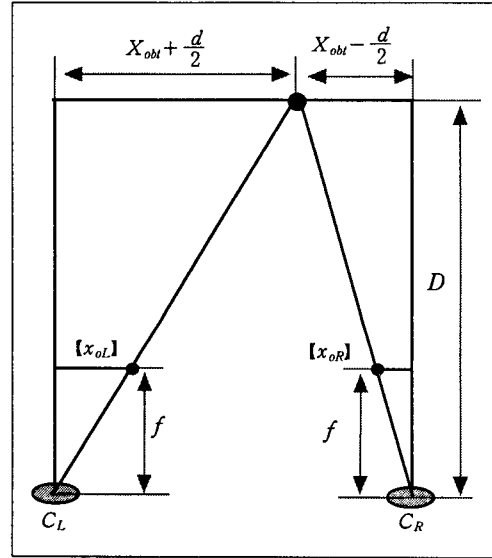


그림 3. 거리측정을 위한 삼각형 기하학
Fig. 3. Geometry of triangle for distance measurement

식 (7)과 (9)로부터 카메라에서 물체까지의 거리를 다음과 같이 스테레오 시차 및 스테레오 비전 시스템의 특성에 의해 구할 수 있다.

$$D_N = \frac{d}{(x_{oL} - x_{oR})} f = \frac{1}{(x_{pL} - x_{pR})} \cdot k \quad (10)$$

여기에서 k 는 스테레오 비전 시스템의 구성요소와 카메라의 특성에 의해 주어지는 상수 값이다. 식 (10)에서 우리가 구하고자 했던 다중 물체까지의 거리 D_N 는 스테레오 시차 $(x_{pL} - x_{pR})$ 에 반비례함을 알 수 있다. 이는 물체가 카메라와 가까이 위치할수록 시차가 커짐을 의미하고, 가까운 물체일수록 값

이의 분해 능력이 커지게 되어 깊이를 정확하게 측정할 수 있음을 나타내고 있다.

4. 실험 및 고찰

스테레오 비전 시스템을 이용하여 거리를 측정하기 위해 실험에 사용한 스테레오 평행식 카메라의 설치간격(d)은 20[cm], 카메라의 초점거리(f)는 10[mm], CCD 카메라의 한 화소는 6.35×7.4[μ m], 해상도는 768×494(pixels, dots)의 특성을 갖으며, 320×240 픽셀로 20 프레임의 저장하여 실험에 사용하였다.

4.1 다중 이동물체의 이동성분 및 위치 좌표 추출

그림 4는 320×240 해상도의 실험 입력영상 20 프레임 중에서 4 프레임의 스테레오 입력영상의 실험 결과를 나타낸 것이다. 그림 4의 내용을 프레임별로 설명하면 다음과 같다. 그림 4의 (a)는 이전 입력 영상이며, (d)는 이전영상과 현재영상을 비교하여 적응형 임계값으로 잡영을 최대한 제거하고 이동성분만 추출한 영상이다, 그리고 (c)는 윈도우 마스크로 이동 물체영역을 분할하기 위해 (d)에 대하여 히스토그램을 적용한 결과이며, (b)는 최종적으로 현재 입력 영상에 제안 알고리즘으로 적용하여 이동물체를 추출하고, 윈도우 마스크로 이동물체를 분할한 다음 중심좌표를 표시한 것이다. (c)에서 다수의 윈도우 마스크가 존재하지만, 윈도우 마스크 영역의 각각에 대하여 물체가 있는지 확인한 다음 최종적으로 이동 물체영역의 윈도우 마스크만 남기고 모두 제거함으로써 (b)에서처럼 이동물체 영역만 찾아낼 수 있다.

표 1은 그림 4의 (b)에서 다중 이동물체의 윈도우 마스크로부터 다중 이동물체의 x 축상의 위치좌표와 스테레오 시차($x_{pL} - x_{pR}$)를 구한 값이다.

표 1. 다중 이동물체의 x 축에 대한 위치좌표 값
Table 1. Values of location coordinate of multi moving object for x-axial

frame	Moving Object [x_{pL}, x_{pR}]		
	MO-0	MO-1	MO-2
1	[55, 4]	[111,58]	[1, -65]
2	[-57,-121]	[66, 6]	[117, 66]
3	[-21,-79]	[77, 22]	[123, 65]
4	[56, 3]	[-7, -68]	[124, 69]

4.2 다중 이동물체의 거리측정

표 2는 표 1의 위치좌표를 식(9)에 적용하여 구한 거리시차를 식(10)에 적용함으로써 다중 이동물체(3 Moving Objects, MO-0, 1, 2)의 측정 거리 값과 실측값 및 오차율을 나타낸 것이다. 여기에서 구한 오차율($\epsilon = \frac{|측정값 - 실측값|}{실측값} \times 100\%$)의 평균 오차율이 7.28 %가 되었다. 여기에서 오차가 큰 경우(19.3%, 13.0%) 등은 시스템 메커니즘 오차, 픽셀 대 각도의 대응 오차 및 사람이 실측할 때의 오차 등에 의해 발생하는 것으로 추측된다.

표 2. 카메라에서부터 다중 이동물체까지의 거리
Table 2. Distance to multi moving object from camera

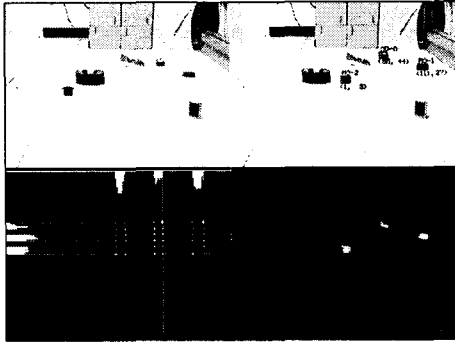
[단위: m, %]

frame	MO-0			MO-1			MO-2		
	측정치	실측치	오차율	측정치	실측치	오차율	측정치	실측치	오차율
1	2.57	2.7	4.81	2.48	2.3	7.82	1.99	2.0	0.50
2	2.05	2.2	10.8	2.19	2.1	4.23	2.57	2.5	2.80
3	2.26	2.8	19.3	2.39	2.5	4.40	2.26	2.0	13.0
4	2.48	2.6	4.61	2.15	2.3	6.52	2.39	2.2	8.63

결국, 제안한 알고리즘의 다중 이동물체 거리정보는 아주 정밀한 값을 요하지 않는 감시 시스템에서 감시자가 다음 행동을 결정할 수 있는 보조적인 유용한 정보를 제공해 준다고 볼 수 있을 것이다.

· 이전 입력영상 (a)	· 현재 입력영상 · 이동물체의 위치좌표 추출 (b)
· 이동 영역의 히스토그램 (c)	· 이동성분 추출 (d)

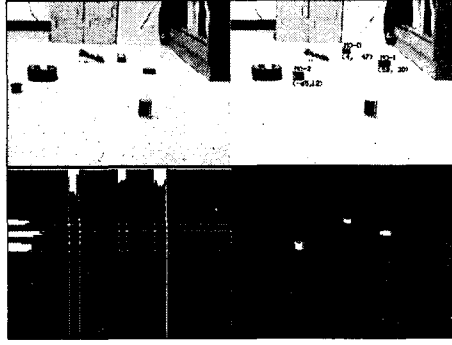
i 프레임의 좌측영상



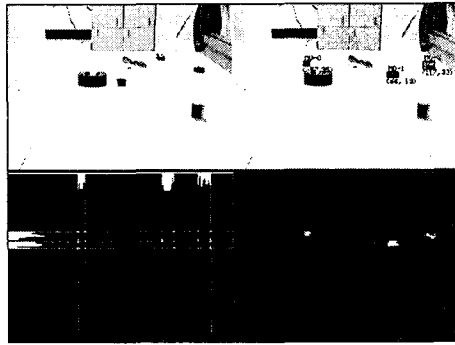
< 프레임 1의 좌측영상 >

· 이전 입력영상 (a)	· 현재 입력영상 · 이동물체의 위치좌표 추출 (b)
· 이동 영역의 히스토그램 (c)	· 이동성분 추출 (d)

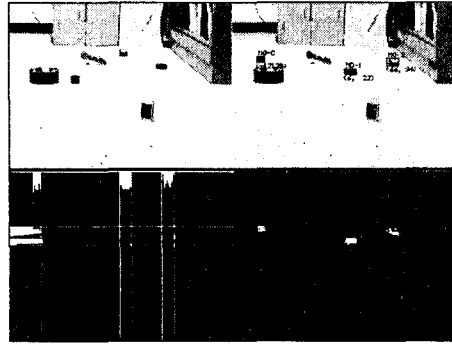
i 프레임의 우측영상



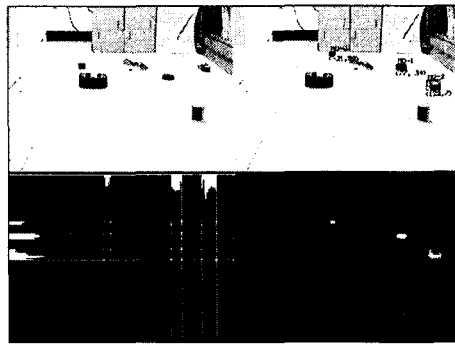
< 프레임 1의 우측영상 >



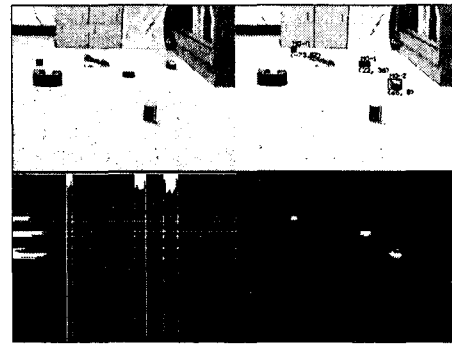
< 프레임 2의 좌측영상 >



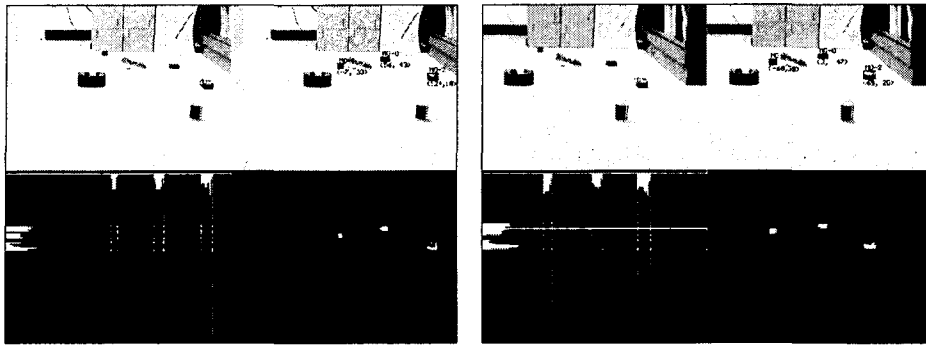
< 프레임 2의 우측영상 >



< 프레임 3의 좌측영상 >



< 프레임 3의 우측영상 >



< 프레임 4의 좌측영상 >

< 프레임 4의 우측영상 >

그림 4. 스테레오 입력 및 실험 결과 영상

Fig. 4. Stereo input image and experimental result image

5. 결 론

본 논문에서는 평행식 스테레오 영상감시 시스템의 입력영상으로부터 영상의 주변밝기 변화에 적응적으로 대처할 수 있는 적응형 임계값과 화소귀납 알고리즘, 히스토그램 기법 등을 사용하여 다중 이동물체 영역을 추출하고, 다중 이동물체 각각의 위치좌표를 구하였다. 좌, 우측의 위치좌표를 통해 스테레오 시차를 구할 수 있으며, 이 시차와 스테레오 비전 시스템의 특성 및 삼각 함수를 이용하여 원하는 다중 물체의 거리를 측정함으로써 평행식 스테레오 영상감시 시스템을 이용하여 3차원 공간에서 카메라와 다중 이동물체까지의 거리 측정방법을 제시하였다.

제안한 알고리즘의 실험결과 다중 이동물체의 거리측정이 가능하였으며, 이동물체까지의 측정거리 오차가 7.28% 이내에 존재함을 알 수 있었다. 이는 스테레오 카메라 시스템의 메커니즘 오차, 픽셀 대 각도의 대응 오차 및 사람이 실측할 때의 오차 등을 감안하면 영상 감시 시스템의 보조정보로써 유효하다고 볼 수 있다. 또한 아주 정밀한 측정 거리가 요구되는 영상감시 시스템의 경우에는 특히 스테레오 카메라 시스템의 메커니즘의 오차를 줄이는 연구가 필요하다고 볼 수 있다.

따라서 제안한 알고리즘을 적용하여 다중이동 물

체의 거리를 측정한 값이 영상 감시 시스템의 차후 행동에 대한 의사를 결정할 수 있는 보조 정보가 되므로 제안 알고리즘을 적용할 경우 영상감시 및 방범 시스템이나 이동 자율로봇 및 스테레오 원격제어 시스템 등에 응용될 수 있을 것이다.

이 논문은 2003년도 김포대학의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- (1) F.T. S. Yu, F. Cheng, T. Nagata and D.A. Gregory, "Efforts of Fringe Binarization of Multiobject Joint Transform Correlator", Appl. Opt., vol.28, pp.2988-2990, 1989.
- (2) C. Tam, T.S. Yu, A. Gregory and D. Juday, "Autonomous real time object tracking with an adaptive JTC", Opt. Eng., vol.29, no.4, pp.314-320, 1990.
- (3) 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.
- (4) J.S. Lee, J.H. Ko and E.S. Kim, "Real-Time Stereo Object Tracking system by using Block Matching Algorithm and Optical binary phase extraction joint transform correlation", Optics Communications, vol.191, pp.191-202 2001.
- (5) 이재수, 홍권익, 손영우, "방법 설비의 스테레오 카메라 시스템에서 이동객체의 추적과 거리측정", 한국조영전기설비학회, vol.17, no.4, pp.106-115, 2003
- (6) Grinberg, V. S., G.W.Podnar, and M.W. Sigel, "Geometry of Binocular Imaging", Proc.SPIE Vol. 2177, pp. 56-65,

1994.

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

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

[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] 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.

[11] 김종오, "물리학 총론 II부". 교학사, 1998.

[12] 김인섭 "측량학", 구미서관, 1994.

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

◇ 저자소개 ◇

김수인 (金洙仁)

1984년 광운대학교 전자공학과 졸업(학사), 1991년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사), 2000년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사수료, 1984년~1991년 감을전자(주) 부설연구소, 1991년~1996년 유켄컴퓨터, 1996년~현재 김포대학 전자정보계열 조교수.

이재수 (李在洙)

1987년 광운대학교 전자공학과 졸업(학사), 1989년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사), 2001년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사), 1989년~1994년 감을전자(주) 부설연구소, 1994년~1995년 한전 KDN(주) 전자응용사업부, 1996년 동양공업전문대학 강사, 1996~현재 김포대학 전자정보계열 부교수.

손영우 (孫英羽)

1981년 광운대학교 전자공학과 졸업(학사), 1983년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사), 2000년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사), 1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원, 1998년~현재 김포대학 컴퓨터계열 조교수.