

논문 2009-46IE-1-4

산업용 AGV 시스템의 적응적 경로설정을 위한 지능형 시각 시스템의 구현

(Implementation of an intelligent vision system for an adaptive path-planning of industrial AGV system)

고 정 환*

(Jung Hwan Ko)

요 약

본 논문에서는 산업용 AGV 시스템의 효과적이고 지능적인 경로설정을 위한 스테레오 카메라 시스템 기반의 지능형 시각 시스템을 제안하였다. 즉, 평행식 스테레오 카메라를 이용하여 좌, 우 입력 영상간의 시차지도와 깊이정보를 검출하고, AGV 시스템과 장애물간의 거리와 위치좌표인 2차원 경로좌표를 산출하여 장애물과 다른 물체들과의 상대 거리를 산출하였다. 산출된 2차원 경로좌표를 토대로 AGV 시스템의 효과적이고 지능적인 경로설정에 따라 자율적으로 주행하게 된다. 실 시간적으로 입력되는 스테레오 영상을 사용하여 실험한 결과 AGV 시스템과 전방에 존재하는 장애물간의 거리 오차가 평균 2.5%이하로 유지됨으로써 산업용 AGV 시스템의 적응적 경로설정을 위한 지능형 시각 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

Abstract

In this paper, the intelligent vision system for an effective and intelligent path-planning of an industrial AGV system based on stereo camera system is proposed. The depth information and disparity map are detected in the inputting images of a parallel stereo camera. The distance between the industrial AGV system and the obstacle detected and the 2D path coordinates obtained from the location coordinates, and then the relative distance between the obstacle and the other objects obtained from them. The industrial AGV system move automatically by effective and intelligent path-planning using the obtained 2D path coordinates. From some experiments on AGV system driving with the stereo images, it is analyzed that error ratio between the calculated and measured values of the distance between the objects is found to be very low value of 2.5% on average, respectably.

Keywords : AGV(Automatic Guided Vehicle), Stereo Camera, Depth Map, 2D path coordinates

I. 서 론

최근, 컴퓨터 비전 기술의 고도화된 기술 집적이 이루어지면서 카메라를 기반으로 한 AGV(Automatic Guided Vehicle) 시스템의 연구 개발이 널리 진행되고

있다^[1~2]. 이 기술은 전방 시야에 존재하는 장애물이나 이송예정 물류들에 대한 3차원적 위치정보를 검출함으로써 이동 중인 AGV 시스템의 경로설정 및 판단의 효율을 더욱 증가시킬 수 있는 인공지능의 기능을 수행하는 응용기술이다. 특히, 작업자의 손쉬운 접근이 불가능한 고방사선 구역 등 극한의 특수 환경이나 대단위 석유화학, 철강 산업단지의 대형 플랜트는 환경의 인지 및 판단은 물론, 작업자의 직접적인 진단이 어려워 일반적인 환경에서의 작업에 비해 위험하고, 작업 능률이 떨어지는 등 많은 어려움이 내재되어 있다. 또한, 특수

* 정회원, 인하공업전문대학 메카트로닉스과
(Department of Mechatronics, Inha Technical College)

※ 이 논문은 2008학년도 인하공업전문대학 교내연구
비지원에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2009년2월2일, 수정완료일: 2009년3월10일

환경에서 이루어지는 작업의 원활한 수행을 위해서는 극한환경에 대처할 수 있는 고난이도의 기술이 개발되어야 함은 물론이고 최근 생활수준의 향상에 따른 3D 기피현상을 없애기 위한 신뢰성 확보 기술의 개발이 선행되어야 한다. 따라서 복잡 다양한 작업환경에서 벌어지는 특수 작업을 안전하고 신뢰성 있게 그리고 신속하게 수행하기 위해서는 작업 환경에 대한 작업자의 부담을 줄이고, 사람을 대신하여 작업을 수행할 수 있는 AGV 로봇 시스템을 이용하여 작업을 원격 및 자동화하는 것이 필수적이다^[3~5].

일반적으로, AGV 로봇 시스템의 시각성능을 극대화하기 위해서는, 표적의 이동경로를 추적하기 위한 3차원적 위치정보와 정확한 표적인식을 위한 거리정보의 검출을 통해 로봇에 장착된 카메라로부터 받아들인 영상의 자체적인 분석은 물론 인식과 추적이 가능한 로봇 시스템을 위한 비전 기술이 필요하고 결과적으로 이를 위한 지능형 카메라 시각 시스템의 구현이 요구된다^[6~8]. 또한, 로봇의 유연성을 증가시키기 위해 다양한 환경에서 물체를 인식할 수 있는 신뢰도나 명료성, 획득된 영상에 대한 처리속도 그리고 조명의 용이성이 요구되어 이러한 요구조건을 충족하기 위해 많은 방법이 연구되었으나 낮은 해상도의 이진 영상처리, 구조적 조명과 같은 개발 초기의 방법들은 현재의 복잡한 산업계에 적용하기에는 그 한계점에 이르렀다. 따라서 인식하고자 하는 물체가 배경 잡음뿐만 아니라 전경 잡음에 의해 왜곡되거나 신호 대 잡음비(SNR)가 극히 작을 경우에도 매우 높은 물체인식 성능이 필요하다. 따라서 시각을 산업용 로봇에 응용하기 위해서는, 복잡한 주변 환경을 인식하거나 물체를 완전하게 재구성하기 보다는 목적에 적합한 물체의 3차원 위치, 크기 및 방향 등과 같은 간단한 3차원 정보를 빨리 알아내는 일이 필요하다^[9~11]. 따라서 본 논문에서는 스테레오 비전의 양안시차 원리를 이용하여 전방에 존재하는 이동 물체 및 장애물 등을 인식하고, 3차원 좌표값을 얻어 효과적이고 지능적인 경로를 설정이 가능한 2차원 경로설정 및 추정 기법을 제안하고자한다. 즉, 스테레오 비전의 양안시차 원리를 이용하여 전방에 존재하는 이동 물체 및 장애물 등을 인식하고, 3차원 정보를 얻어 AGV 시스템이 효과적이고 지능적인 경로를 설정을 할 수 있는 2차원 경로좌표 검출 기법을 사용하였다. 실험결과 장애물과의 거리 오차가 25% 이하를 유지하고, 2차원 경로좌표를 토대로 AGV 시스템의 지능적인 경로설정 및 판단

에 따라 자율적으로 주행함으로써 스테레오 카메라 시스템의 2차원 경로좌표 검출에 기반을 둔 산업용 AGV 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

II. 제안된 지능형 시각 시스템

일반적으로 AGV(Automatic Guided Vehicle) 시스템에서 경로설정 및 주행을 제어하기 위해서는 전방 시야에 존재하는 적재되어있는 물류들이나 장애물의 위치를 검출하고 판독하여 충돌 없이 장애물을 피해서 이동해야 한다. 특히 보행자나 이동물체가 나타났을 경우에는 경보음을 내는 등 시스템이 목적지까지 안전한 주행이 될 수 있는 경로를 찾아내야 한다^[9]. 지능형 카메라 시각 시스템을 AGV(Automatic Guided Vehicle) 시스템에 응용하기 위해서는 복잡한 주변 환경을 인식하거나 물체를 완전하게 재구성하기 보다는 이동하는 목적에 적합한 물체의 3차원 위치나 크기 및 방향 등과 같은 간단한 3차원 정보를 빠른 방법으로 알아내는 것이 필요하다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 AGV 시스템의 경로 검출을 위한 스테레오 카메라 기반의 2차원 경로좌표 검출의 흐름도를 나타낸 것이다.

첫 번째 단계에서는 AGV 시스템에 장착된 평행식 스테레오 카메라로 획득한 좌, 우 영상에서 폐색영역(occlusion region)을 검출한다. 검출된 폐색영역을 제외한 좌, 우 후보 영역에서 스테레오 영상 정합을 위한 일치점을 트리(tree) 구조 및 SAD 비용함수를 이용하여 시차지도(disparity map)를 작성하게 된다.

두 번째 단계에서는 검출된 시차지도와 카메라 좌표계간의 기하학적 관계를 이용하여 3차원적인 깊이정보와 실제좌표를 산출한다. 산출된 깊이 정보에 대하여

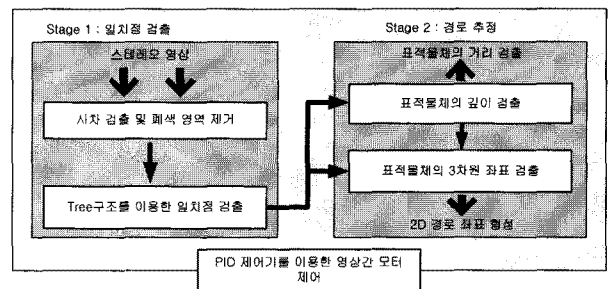


그림 1. 스테레오 시차를 이용한 2차원 경로좌표 구성의 흐름도
 Fig. 1. Flowchart for composition of 2D spatial map using a stereo disparity.

임계값을 할당하여 물체 영역만을 분리함으로써 각 물체 영역의 전체 폭(x-좌표)을 산출한다. 동시에 스테레오 카메라 시스템과 물체간의 거리(z-좌표)를 의미하는 깊이지도(depth map)의 각 열(column) 마다 최소값을 검출하여 2차원 경로좌표를 구성하고, 이를 이용하여 AGV 시스템 전방에 존재하는 모든 물체들과의 상대적 위치관계를 분석함으로써 AGV 시스템의 효과적이고 지능적인 주행 경로를 설정하게 된다.

AGV 시스템에 의해 x축 상으로 추적 제어된 스테레오 카메라의 좌, 우 영상은 식 (1)과 같이 SAD(Sum of Absolute Difference)를 변형한 비용 함수를 이용하여 블록간의 정합을 수행하여 시차지도를 검출하였다.

$$\text{Min} \left[\left(\frac{1}{S_H \times (S_W - n)} \sum_{j=0}^{S_H} \sum_{i=0}^{S_H} |I_R[j][i] - I_L[j][i+n]| \right)^N \right] \quad (1)$$

(If, $i + n < S_W$)

식 (1)에서 i 와 j 는 각각 주어진 영상의 행(column)과 열(row)의 픽셀 위치를 나타내고, n 은 좌, 우 영상간의 차이값을 나타낸 것이다. 또한, S_H 와 S_W 는 각각 주어진 영상의 열과 행의 크기를 나타낸다.

그림 2는 스테레오 영상의 일치점(correspondence point)을 결정하기 위한 전 처리 과정으로 좌, 우 영상의 최대 유사성(maximum similarity)을 갖는 열을 검출하고, 좌, 우 영상에서 그 열까지 폐색(occlusion)영역 시작점을 구별하여 폐색 영역은 무시한다.

그림 2에서 I_L 과 I_R 은 각각 좌, 우 영상을 나타낸 것이고, S_H 와 S_W 는 각각 영상의 세로와 가로 크기이며, N 은 최대 유사성을 갖는 열을 검출하기 위한 탐

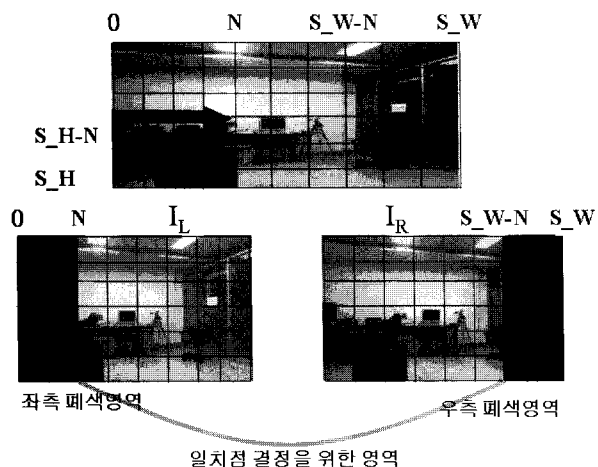


그림 2. 전 처리 과정에 대한 도식화
Fig. 2. Diagram for pre-processing stage.

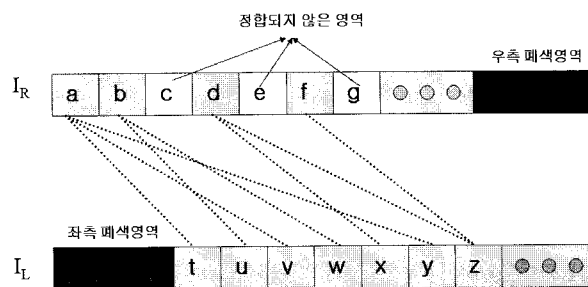


그림 3. 다수의 일치점에 대한 도식화
Fig. 3. Diagram for multi-correspondence points.

색 범위를 나타낸 것이다. 이러한 전처리 과정이 완료하고 식 (2)을 통해 일치점 영역을 검출하면 다수의 일치점이 얻어진다. 식 (2)는 일치점 검출을 위한 것으로, M 은 일치점을 결정하기 위한 범위를 나타내고, T 는 일치점임을 판별하는 임계값이며, N 은 폐색 영역을 나타낸 것이다.

$$S_{(j,i)} \ni \left[\text{abs}(I_R[j][i+m] - I_L[j][i-N]) \Big|_{m=0}^M < T \right] \quad (2)$$

(If, $0 \leq S_{(j,i)} \leq S_W$)

그림 3은 일치점 결정을 위한 영역별 검출된 다수의 일치점을 나타낸 것이다.

폐색 영역을 제외한 영상의 각 첫 열의 다수의 일치점을 토대로 순서 조건에 따라 각 행의 일치점들을 연결하여 다수 트리(multiple trees)를 구성한다. 순서 조건은 좌 영상에서 물체 a가 물체 b의 왼쪽에 있다면, 마찬가지로 우 영상에서도 물체 a는 물체 b의 왼쪽에 있다는 것을 의미하며, 각 행마다 구성된 트리는 행간 독립적이다.

표 1은 그림 3에서 검출된 다수의 일치점을 토대로 구성된 트리를 나타낸 것이다.

다수의 트리에서 동일한 값을 최대로 가지는 영역의 값을 그 영역에 일치점으로 확정하며, 확정된 일치점을 기준으로 순서 조건을 고려하여 트리들을 재구성한다.

표 1. 구성된 다수의 트리
Table 1. Composited multiple trees.

| a 영역에서 산출된 일치점 | 정합되지 않은 영역을 제외한 구성된 트리 |
|----------------|--|
| t | (t u x z) or (t u z 0) (t w x z) or (t w z 0) |
| v | (v w x z) or (v w z 0) |
| y | (y 0 0 - z) |

표 2. 일치점이 확정된 트리
Table 2. Fixed tree of correspondence points.

| 반복횟수 | 확정된 일치점 | 단일 트리 |
|-----------------|---------|------------------------|
| 1 | t | (t 0 0 0) |
| 2 | w | (t w 0 0) |
| 3 | x, z | (t w x 0) (t w z 0) |
| 4 | z | (t w x z) (t w z 0) |
| 확정된 단일 트리 (S_T) | | (t w x z) |

이러한 과정을 반복적으로 수행하여 일치점을 최대로 갖는 하나의 트리(S_T[i,j] : single tree)를 구성한다.

표 2는 표 1를 토대로 재구성된 일치점이 확정된 트리를 나타낸 것이다.

따라서 최종적으로 폐색영역과 정합되지 않은 영역(unmatched region)을 제외한 영역의 좌·우 영상간의 시차는 식 (3)에 의해 검출될 수 있다.

$$d_{(j,i)} = I_r[j][i] - S_T[j][i] \tag{3}$$

그림 4는 평행식 카메라에 대한 영상 기하학을 나타낸 것이다. 일반적으로 본 논문에서 사용한 평행식 카메라는 카메라 교정(calibration) 과정과 깊이(depth) 정보의 결정 과정을 단순화 하기위해 양쪽 카메라의 수평 주사선이 기준선과 평행한 카메라를 의미한다^[5].

그림 4에서, 3차원 공간상의 물체점 $P=(X_p, Y_p, Z_p)$ 가 스테레오 카메라의 좌, 우측 영상에 투영된 영상점을 각각 $P_l=(x_l, y_l)$, $P_r=(x_r, y_r)$ 라고 하고, 영상 평면 내의 대응하는 점 P_l 과 P_r 사이의 시차를 $d_p=x_l-x_r$

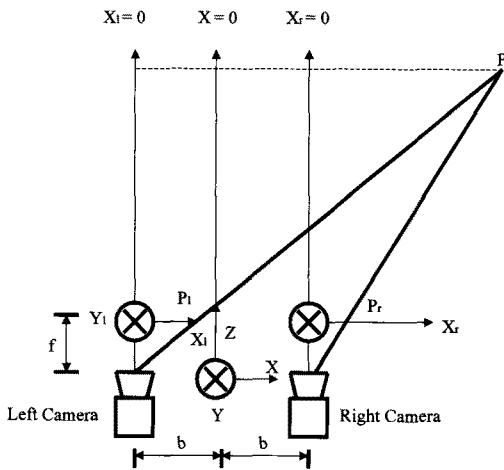


그림 4. 평행식 카메라 좌표계
Fig. 4. Parallel stereo camera coordinates.

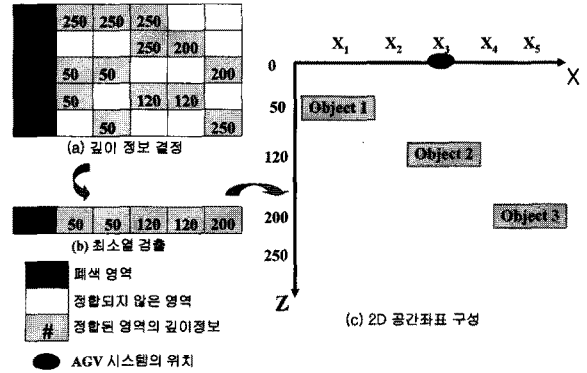


그림 5. 2차원(X, Z) 공간좌표의 검출 과정에 대한 도식화

Fig. 5. Detection of 2D(X-Z) spatial map.

이라 정의하면, d_p 는 식 (4)와 같이 3차원 공간상의 물체점 P의 깊이 정보인 Z_p 에 반비례함을 알 수 있으며, 깊이정보 Z_p 는 스테레오 영상으로부터 시차가 결정됨에 따라 식 (5)를 통해 쉽게 산출될 수 있다^[12].

$$d_p = x_l - x_r = \frac{2bf}{Z_p} \tag{4}$$

$$Z_p = \frac{2bf}{d_p} = \frac{2bf}{x_l - x_r} \tag{5}$$

즉, 그림 5 (a)와 같이 검출된 깊이 지도의 각각의 열에 존재하는 최소값을 그림 5 (b)와 같이 그 열의 대표값으로 검출한 뒤, 이에 대응하는 X좌표로의 사상(mapping)을 통해 AGV 시스템 전방에 존재하는 물체들과의 상대위치 관계를 분석하기 위한 2차원 공간좌표(X, Z)를 구성하게 된다^[12].

또한, 3차원 공간상의 물체점 P의 좌표, X_p 와 Y_p 는 x_l, y_l 과 거리 Z_p 로부터 식 (6)과 (7)로 나타낼 수 있으며, 이는 AGV 시스템의 전방 시야에 존재하는 보행자는 물론 장애물의 실제 3차원적 위치 좌표를 검출하는데 이용된다^[12].

$$X_p = \frac{Z_p}{f} x_l - b \tag{6}$$

$$Y_p = \frac{Z_p}{f} y_l \tag{7}$$

그림 5는 AGV 시스템 전방에 존재하는 모든 물체들과의 상대위치 관계를 분석하기 위해 식 (5)에서 검출된 전체 깊이지도의 각각의 열에 존재하는 최소값의 검출을 통해 구성된 2차원 공간좌표(X, Z)의 검출과정을

나타낸 것이다.

따라서, 그림 5를 통해 구성된 2차원 공간좌표는 검출된 보행자를 중심으로 한 2차원 공간좌표와의 관계를 통해 AGV 시스템과 전방에 존재하는 보행자를 포함한 다른 장애물들 사이의 거리 검출은 물론, 식 (6)과 (7)을 통해 보행자와 물체들 상호간의 상대적인 거리까지도 분석이 가능함으로써 AGV 시스템의 충돌위험을 조기에 대처할 수 있는 효율적인 주행 경로 계획(path planning)을 추정할 수 있다.

III. 실험

본 실험에서는 그림 6과 같이 평행식 스테레오 카메라 시스템이 탑재된 자율 이동 로봇을 자체 제작하였으며, 이를 위한 이동 로봇으로는 Activ Media Inc.의 Pioneer-3 DX^[13]위에 평행식 스테레오 카메라인 Point Grey Inc.의 Bumblebee^[14]와 2GB 메모리와 펜티엄 2.6GHz의 CPU를 탑재하여 1024×768 픽셀의 해상도와 30 frame/sec의 촬영속도를 가지고 실험을 수행하였다. 특히, 이동 로봇으로 사용된 Pioneer 3-DX는 전방 10m 지점을 목표점으로 설정하였고, 최대 속도는 30cm/s로 제한하였으며, 0.1초의 주기로 로봇의 속도를 제어하며 실험에 사용하였다.

본 논문에서는 식 (4)에서 요구되는 초점 거리(f)와 기준선(b)은 평행식 스테레오 카메라로 사용된 Bumblebee의 자체 사양인 4mm의 초점거리와 120mm의 기준선을 적용하여 깊이 정보검출에 이용하였다. 제안한 알고리즘 및 시스템은 AGV 시스템을 중심으로 스테레오 카메라 시야에 나타나는 이동 물체나 측면에 존재하는 장애물 각각의 절대좌표 및 상대좌표를 자체

적으로 검출하여 AGV 시스템의 충돌위험을 조기에 대처함으로써 효과적이고 지능적인 경로설정을 수립하는 것이 최종 목표이다.

그림 7은 중 실험에 사용된 스테레오 영상 프레임 중 임의의 4 프레임을 나타낸 것으로, 실시간으로 입력되는 1024×768의 해상도를 갖는 칼라 영상을 640*480의 그레이 레벨로 변환하여 사용하였다.

우선 실시간으로 입력된 스테레오 영상을 트리구조의 전 처리 과정을 통해 폐색 영역을 제거한 후, 각 영역에서 일치하는 점들을 검출한다. 검출된 일치점들을 토대로 순서조건을 고려하여 각 행의 일치점들과 연결하여 다수의 트리를 구성하고, 동일한 값이 일정한 임계값 이상일 경우 그 영역의 일치점으로 확정되어 단일 트리를 구성하여 식 (4)를 통해 시차지도가 완성된다.

그림 8은 좌측영상과 시차지도를 보여준 것으로 폐색 영역과 정합되지 않은 영역으로 인해 드문드문 채워진 지도를 나타낸 것이다.

그림 8에서 밝은 영역은 폐색 영역이거나 정합되지 않은 영역이며, 시차의 세기분포는 시차가 클 경우 그

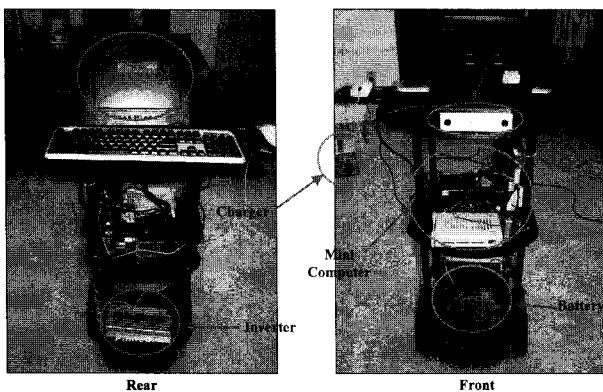


그림 6. 실험에 사용된 모바일 로봇 시스템
Fig. 6. Mobile robot system used the experiment.

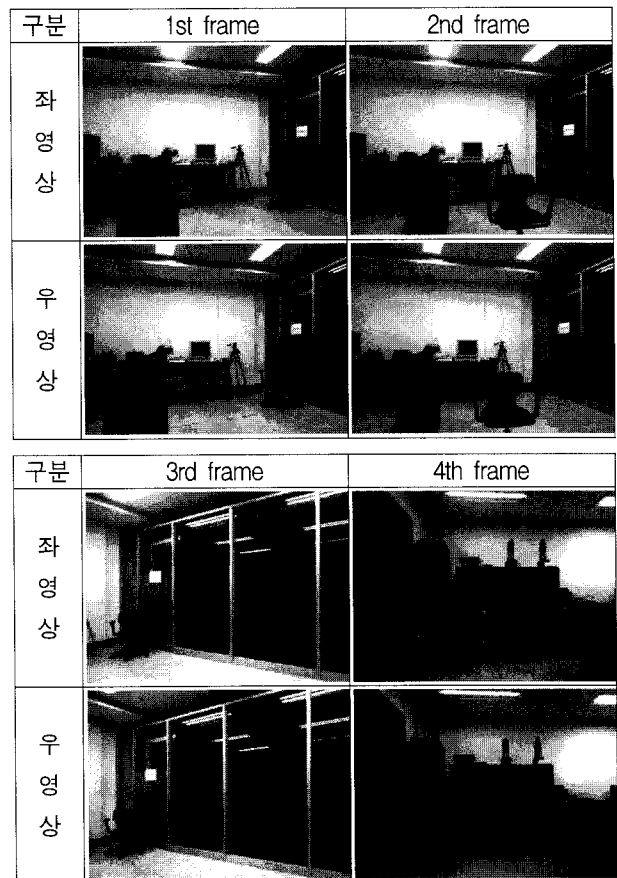


그림 7. 실시간으로 입력된 스테레오 영상
Fig. 7. Real time stored stereo image.

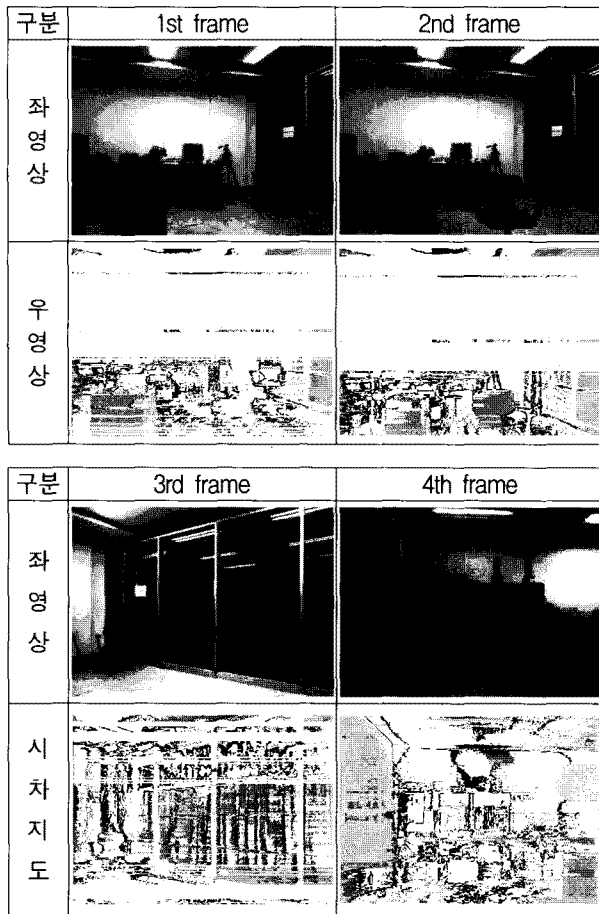


그림 8. 좌측 입력영상과 검출된 시차지도
Fig. 8. Left input image and detected disparity map.

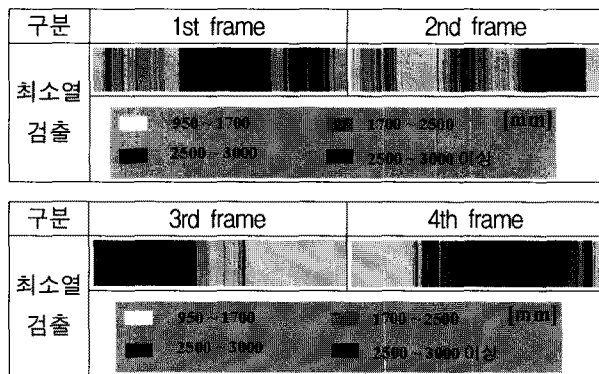


그림 9. AGV 시스템의 경로설정을 위한 최소열 검출
Fig. 9. Minimum row detection for path-planning of AGV system.

레이 레벨(gray level)값이 0(흰색)으로 표시되며, 시차가 작을 경우는 255(검정색)로 표시된다. 그림 9는 그림 8에서 검출된 시차지도와 식 (5)을 통해 검출된 깊이도를 분석하여 각각의 열에 존재하는 최소값을 구하여 AGV 시스템과 장애물간의 위치 관계를 분석할 수 있는 2차원 공간 좌표를 나타낸 것으로, AGV 시스템으로

표 3. AGV 시스템과 장애물간 상대거리에 대한 계산치와 측정치

Table 3. Measured and calculated value of relative distance between AGV system and object.

| 프레임 | 전방 물체간 거리 (cm) | | 오차율 (%) | 평균 [%] |
|-----|----------------|-------|---------|--------|
| | 계산치 | 측정치 | | |
| 1st | 163.0 | 164.1 | 0.67 | 2.39 |
| 2nd | 46.0 | 47.5 | 3.15 | |
| 3rd | 21.0 | 21.6 | 2.7 | |
| 4th | 102.0 | 105.2 | 3.04 | |

부터 떨어진 장애물과의 거리가 산출될 수 있으며, 깊이 정보의 값이 갑자기 커지거나 작아지는 경우엔 이전 프레임간의 픽셀 값을 이용하여 보간(interpolation)을 수행하였다.

그림 9에서 AGV 시스템으로부터 가장 가까운 거리에 존재하는 장애물의 경우 흰색으로 표현된 95cm 이었으며, 가장 먼 거리에 있는 장애물은 3m로 검출되었음을 알 수 있다. 3m를 초과하는 경우에는 현재 프레임에서 결정할 수 없는 배경영상으로 간주하여 현재 프레임의 장애물 통과 후 차후 검출 대상 영역으로 설정하였다. 따라서 검출된 깊이도의 최소열에 있는 값을 그 점에서의 수직거리로 간주하여 식 (6)과 같이 이에 해당되는 X 좌표의 산출을 유도할 수 있으며, 이는 이동 물체 및 장애물의 실제 좌·우 폭을 산출하고 각각의 장애물간의 거리를 산출하는데 이용된다.

표 3은 AGV 시스템의 효과적인 경로설정을 위해 그림 9를 통해 검출된 경로좌표로부터 장애물간의 상대적 거리를 나타낸 것이다.

초기에 설정된 AGV 시스템 전방에는 장애물이 존재하고 있으며, 충돌 없이 주행하기 위해서는 각 물체간의 이격거리를 검출하여 이용해야 한다. 따라서, 표 3과 같이 각 장애물의 넓이 산출이 진행되며, 표 3과 같이 보행자를 중심으로 각 장애물간의 이격 거리를 검출함으로써 장애물 사이를 통과할 수 있는 지능적인 판단 기준이 설정되고 이에 따라 AGV 시스템의 안전한 주행을 위한 경로 추정이 이루어지게 된다. 표 3에서보면, 본 논문에서 제안한 깊이정보와 카메라 내부 변환관계를 통해 검출된 2차원 경로좌표의 오차는 평균 3% 미만의 작은 오차가 존재함을 알 수 있는데, 이는 불규칙한 조명, 동일하지 않은 영상밝기 및 좌, 우 영상 간에 존재하는 폐색영역에 따른 오류를 감안할 때, 우수한 실험결과로 분석된다.

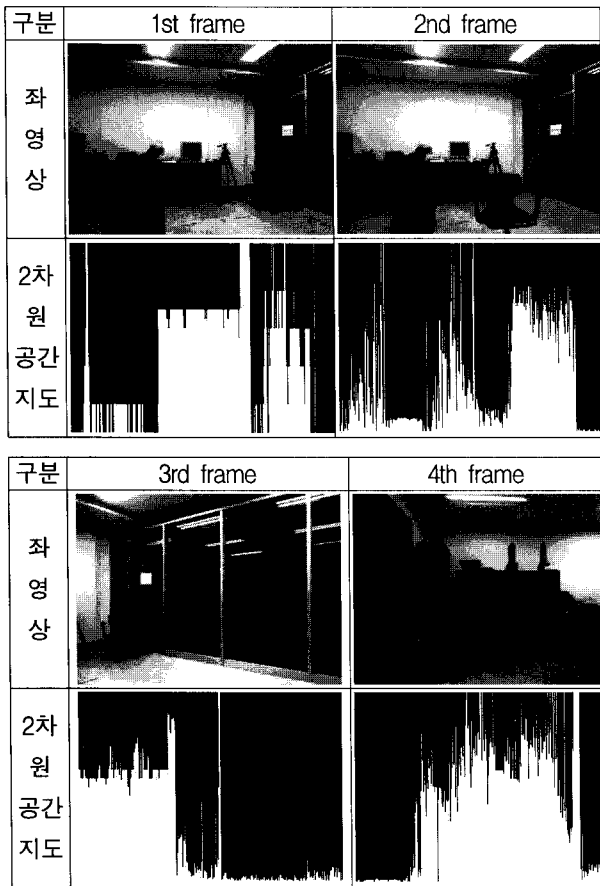


그림 10. AGV 시스템의 경로설정을 위한 경로좌표
Fig. 10. Spatial map for path-planning of AGV system.

그림 10은 최종적으로 표 3에서 검출된 전방 시야의 보행자와 장애물에 대한 좌, 우 쪽을 의미하는 X좌표와 AGV 시스템으로부터의 수직거리를 의미하는 Z좌표로 구성된 2차원 공간 지도를 구성함으로써 장애물과의 충돌 없이 안전한 주행을 위한 판단 근거로 이용된다.

즉, 표 3과 그림 10을 보면, AGV 시스템 전방에 장애물이 있을 경우, AGV 시스템은 각 장애물 상호간 164.1, 47.5, 21.6, 105.2cm을 검출하게 된다. 따라서 자체 45cm의 폭을 가진 AGV 시스템은 로봇 자체 넓이와 검출된 장애물 상호간의 통과 가능한 경로를 비교, 판단하여 주행할 경로를 선택하게 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 AGV 시스템의 보다 효과적이고 지능적인 경로 설정을 위해 평행식 스테레오 카메라 기반의 지능형 시각 시스템을 제안하였다. 즉, 제안된 알고리즘을 통해 AGV 시스템이 장애물과 충돌 없이 안전한 주행을 하기 위한 경로설정을 위해 검출된 스테레오 정보

로부터 장애물의 위치좌표와 상대적 거리까지 검출하여 2차원 경로좌표를 구성하였다.

실험결과 전방 시야에 존재하는 물체들의 적응적인 인식 및 낮은 오차율의 3차원 위치 좌표 검출을 통해 효율적인 주행을 위한 경로 추정이 가능함을 분석하게 되었고, 이를 통해 본 논문에서 제안한 3차원 물체 인식을 위한 스테레오 카메라 기반의 산업용 AGV 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] T. Kanade, A. Yoshida, K. Oda, H. Kano, and M. Tanaka, "A stereo machine for video-rate dense depth mapping and its new applications" Proc. of IEEE CVPR '96, pp. 196-202, 1996.
- [2] T. Darrell, G. Gordon, M. Harville, J. Woodfill, "Integrated person tracking using stereo, color, and pattern detection," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 601-608, 1998.
- [3] K. Fujimoto, H. Muro, N. Shimomura, T. Oki, K. Maeda, Y. Kishi and M. Hagino, "A study on pedestrian detection technology using stereo images", JASE Review, vol.1, pp.1-3, 2002.
- [4] James Black, Tim Ellis, "Multi-camera image measurement and correspondence", Measurement, vol. 32, pp.61-71, 2002.
- [5] J. S. Lee, J. H. Ko, E. S. Kim, "Real-time stereo object tracking system by using block matching algorithm and optical binary phase extraction joint transform correlator", Optics Communication, vol. 191, pp.191-202, 2001.
- [6] J. H. Ko, E. S. Kim, "Stereoscopic Video Surveillance System for Detection of Target's 3D Location Coordinates and Moving Trajectories", Optics Communications, Vol. 266, pp. 67-79, 2006.
- [7] S. B. Gokturk, J. Y. Bouguet, R. Grzeszczuk, "A data-driven model for monocular face tracking", International Conference on Computer Vision, vol.2, pp.701 - 708, 2001.
- [8] 서춘원, 노희정, 원영진, "스테레오 비전 시스템을 이용한 문자 특징 추출", 대한전자공학회 논문지 (TE), vol. 40, no. 4, pp. 41-47, 2003.
- [9] Cucchiara. R, Perini. E and Pistoni. G, "Efficient Stereo Vision for Obstacle Detection and AGV Navigation", ICIAP 2007, vol. 14, pp. 291-296, 2007.
- [10] 이종실, 이용혁, 김인영, 김선일, "기하학적 해석을

이용한 비전 기반의 장애물 검출”, 대한전자공학회 논문지(SC), vol. 43, no. 3, pp. 8-15, 2006.

- [11] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli, and P. Lombardi, “Artificial Vision in Road Vehicles”, Proc. of IEEE Industrial Electronics Society Annual Conf., vol. 28, pp. 21-26, 2002.
- [12] J. H. Ko, J. S. Lee, “Stereo camera based intelligent UGV system for path planning and navigation”, Proc. of SPIE’s Optics & Photonics, vol. 6312, 2006.
- [13] <http://www.activrobots.com/ROBOTS/p2dx.html>
- [14] <http://www.ptgrey.com/products/stereo.asp>

저 자 소 개



고 정 환(정회원)

2005년 2월 광운대학교 전자공학과
박사 졸업.

2007년 3월~현재 인하공업전문대학
메카트로닉스과 조교수

<주관심분야 : 로봇비전, 인공지능,
MEMS>