韓國精密工學會 2001年度 春季學術大會論文集 pp.170~173 KSPE 01S038

AGV의 장애물 판별을 위한 스테레오 비젼시스템의 거리오차 해석

조연상*, 배효준, 원두원(동아대원), 박흥식(동아대학교)

Analysis of Distance Error of Stereo Vision System for Obstacle Recognition System of AGV

Y. S. Cho, H. J. Bae, D. W. Won, H. S. Park

ABSTRACT

To apply stereo vision system to obstacle recognition system of AGV, we constructed algorithm of stereo matching and distance measuring with stereo image for positioning of object in area. And using this system, we look into the error between real position and measured position, and studied relationship of compensation

Key Words : AGV(무인반송차량), Stereo Vision(스테레오 비젼), Obstacle Recognition System(장애물 판별 시스템), Stereo Image (스테레오 영상), Stereo Matching(스테레오 매칭),

1. 서론

자동화된 공장 내에서 보다 효율적인 물량 운반을 위한 자동반송차량(AGV) 시스템을 구현하기 위하여 유도 시스템은 반드시 필수적인 사항이다. 최근 이러한 유도 시스템의 개발을 위하여 국내·외에서 많은 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 현재까지 어느 정도 실용화가 되어 있는 유도 시스템은 Table 1에서 나타낸 바와 같이 크게 능동식과 수동식으로 구분하여 나타낼 수 있다. 능동식은 초음파 유도, 레이저 유도 및 전자파 유도방식 등과 같이 유도체 스스로가 초음파 또는 전자파 등을 발생하여 반사되어 오는 신호를 기준으로 무인 차량을 유도하는 것으로써 협소한 지역에서의 신뢰성이 높다는 장점이 있으나, 이를 설치하기 위한 비용이 매우 많이 들고 장애물에 대한 유무만 감지할 수 있기 때문에 다양한 변화가 심하고 광범위한 지역에서는 공간상의 제약이 많이 가해지는 단점이 있다. 따라서 이러한 방식은 주로 좁은 공간에서 주로 사용되는 FMS용 AGV 시스템에 장착하여 실용화되어 있다. 그리고 수동식은 광학유도 및 자계유도 방식 등과 같이 외부에서 가해주는 빛이나 자계를 이용하여 AGV를 유도하는 시스템으로 설치가 간편하고 저렴하다는 장점이 있지만, 자계유도 방식은 여전히 공간상의 제약을 많이 받고 있으며 단지 전행 유도만 가능하고 장애물 인식 및 판단은 힘들기 때문에 초음파와 같은 감지 장치를 추가로 장착해야 한다.

이러한 기존의 문제점들로 인하여 보다 효율적인 AGV시스템 유도를 위한 유도 시스템 기술의 개발이 시급한 실정에 있으며, 이를 위하여 다양하고 광범위한 영역에서 효과적으로 적용이 가능한 광학유도 방식의 일종인 스테레오 비젼 시스템에 의한 유도 시스템이 제시되어지고 있다.[1]

스테레오 비젼 시스템은 인간의 눈과 흡사하게 두 개의 CCD 카메라를 통한 공간정보에 대하여 영상처리 및 해석을 함으로써 물체까지의 거리 및 위치 정보를 파악하는 것으로 그 활용성은 공간상의 정보를 매우 중요시 여기는 AGV 시스템뿐만 아니라 휴먼 로봇 시스템까지 매우 다양하게 적용할 수 있다.[1-2] 그러나 아직까지 이러한 기술에 대한 기반 지식의

인지도가 낮고, 부족한 개발 인력으로 인하여 국내에서는 단순한 연구단계에 머무르고 있으며, 공간정보에 대한 효과적인 정리 방법이 확립되어 있지 않기 때문에 실용화된 형태의 유도 시스템으로써 산업에 활용되지 못하고 있다.

따라서 무인 차량 및 휴먼 로봇의 유도 시스템으로 각광을 받게 될 스테레오 비전에 의한 유도 시스템의 기반 기술의 개발이 매우 필요하며, 실제 현장에서 효율적인 유도 시스템으로 적용을 하기 위한 공간 정보의 정리 방법을 확립할 필요가 있다.

이를 위하여 본 연구팀에서는 지금까지 행하였던 영상처리 기술을 바탕으로 한 스테레오 영상처리 기술을 구축함으로써 유도 시스템의 기반 기술인 AGV 시스템의 장애물 판별을 위한 스테레오 비젼 시스템을 우선적으로 개발할 필요성을 느끼고 이에 대한 연구를 수행하고자 한다.

2. 실험 방법 및 결과

2.1 물체의 위치 추정을 위한 스테레오 영상처리 시스템

두 개의 CCD 카메라를 이용하여 스테레오 영상을 획득하기 위한 스테레오 영상처리 시스템의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 두 개의 CCD 카메라는 최적의 거리정보를 추출하기 위하여 카메라 지지부의 위에 렌즈의 중심거리가 10cm 에서 30cm 까지 가변하여 고정할 수 있도록 설치되어져 있다. 본 연구에서는 렌즈의 중심거리를 20cm로 하여 실험을 행하였으며, 렌즈는 초점거리 6mm인 CCTV용 렌즈를 사용하였다. 그리고 두 개의 CCD 카메라로부터의 영상신호를 스테레오 디지털 영상으로 변환하여 컴퓨터 메모리에 저장하기 위하여 동시에 다중 영상 획득이 가능한 멀티 이미지 캡쳐 보드(multi-image capture board)를 컴퓨터에 장착하였으며, 멀티 이미지 캡쳐 보드는 각 채널(channel)마다 640 ×480 24 bit 컬러(color)의 해상도로 C 언어와 어셈블러에 의해 제어하였다.

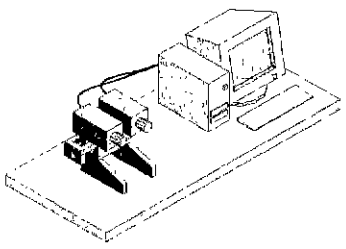


Fig. 1 Stereo image processing system

2.2 스테레오 매칭 알고리듬

스테레오 디지털 영상으로부터 공간 상의 거리를 추정하는 방법으로는 스테레오 매칭법이 대표적으로 사용되어지고 있다.[3-5] 스테레오 매칭법은 좌우 영상 중 한 영상내의 임의의 영역을 다른 영상내에서 가장 유사한 부분을 탐색하여 찾아내는 것으로 Fig. 2와 같이 도식화하여 나타내었다.

여기서 w(x,y)는 임의의 영역으로 매칭을 수행하고자 하는 영상 f(x,y)에서 차례로 탐색하여 식 (1)에 의해 상관계수 $\gamma(s,t)$를 구하고, 그 값이 가장 최소값을 가지는 부분을 탐색 대상으로 한다. 본 연구에서는 좌측 영상의 24 화소 × 24 화소의 크기를 갖는 영역을 우측영상에서 탐색하여 스테레오 매칭을 행하였으며, 매칭의 속도를 높이기 위하여 전 영역에 대하여 매칭을 수행하지 않고 영상 f(x,y)에서 x축 선상의 부분영역에 대하여 매칭을 수행하도록 알고리듬을 구축하였다.

$$\gamma(s,t) = \Sigma_x\Sigma_y[f(x,y) \vee w(x-s,y-t)] \qquad (1)$$

($\overline{f}$ 와 $\overline{w}$ 는 영역내의 픽셀(pixel)의 그레이 스케일(gray scale)의 평균값, $\vee$: XOR 연산)

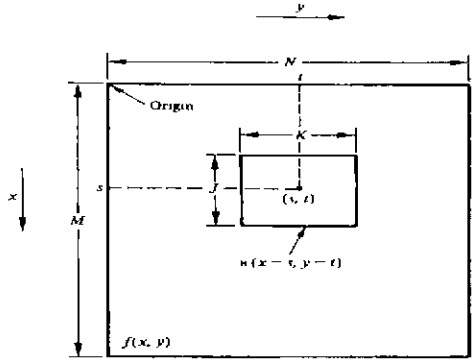
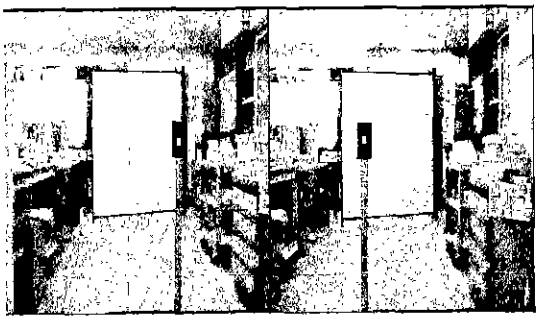


Fig. 2 Arrangment for obtaining the correlation of f(x,y) and w(x,y) at point(s,t)



(a) Left image (b) Right image

Fig. 3 Result of stereo matching

Fig. 3은 렌즈의 중심거리 20cm, 초점거리 6mm 일 때, 스테레오 카메라로부터 획득한 좌우 영상에서 기준길이 1m 지점의 기준점에 대하여 스테레오 매칭을 한 결과를 나타내었다. 그림에서보면 좌우 영상에서의 기준점에 대한 스테레오매칭이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

2.3 3차원 공간상의 거리정보 추출을 통한 물체 위치 추정

Fig. 4는 스테레오영상에서 거리정보 Z를 구하는 스테레오 카메라 좌표계의 모델을 도식화하여 나타낸 것으로 두 개의 렌즈의 중심거리를 B, 렌즈의 초점거리를 f, 물체 w_0에 대한 영상좌표계의 x축 선상의 투영지점을 x_1, x_2 라고 하였을 때, 물체까지의 수직 거리 Z는 식(2)에 의해 구할 수 있다. 본 실험에서는 렌즈의 중심거리를 10cm, 20cm 및 30cm 로 하였으며 초점거리 6mm인 렌즈를 사용하였다. 그리고 영상 내에서의 화소길이는 9.1㎛ 로써 Fig. 3의 렌즈의 중심거리 30cm, 초점거리 6mm 일 때, 기준길이 1m 지점의 기준점의 스테레오 투영영상으로부터 그 길이를 구하였다.

$$Z = \frac{B\,f}{(x_1 - x_2) \times length\ of\ 1\ pixel} \quad (2)$$

또한, 실제 좌표계에서 w_0의 X 위치는 두 렌즈 사이의 중심을 기준으로 하였을 때, 식(3)과 식(4)에 의해 계산하였으며 측정위치로부터 실제공간에서의 위치 좌표 (X, Z) 까지의 직선거리 D는 식(5)를 이용하여 구하였다.

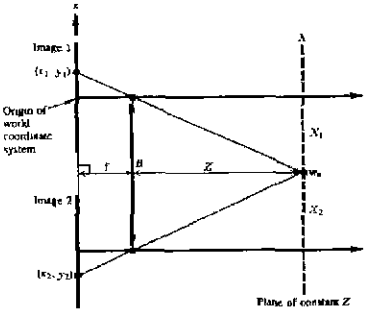


Fig. 4 Coordinate system model of stereo camera

$$X_1 = \frac{length\ of\ 1\ pixel \times x_1 \times Z}{f} \quad (3)$$

$$X_2 = \frac{length\ of\ 1\ pixel \times x_2 \times Z}{f}$$

$$X = X_1 - X_2 \quad (4)$$

$$D = \sqrt{X^2 + Z^2} \quad (5)$$

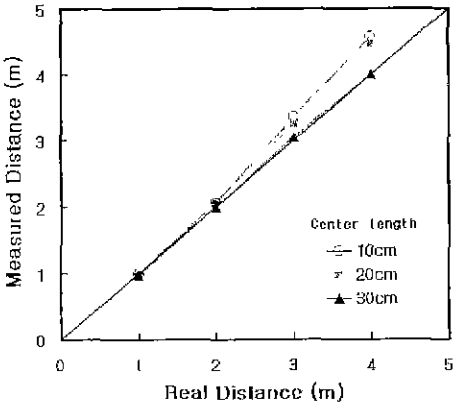
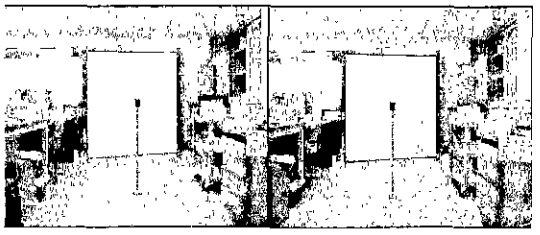


Fig. 5 Comparison of real distance with measured distance

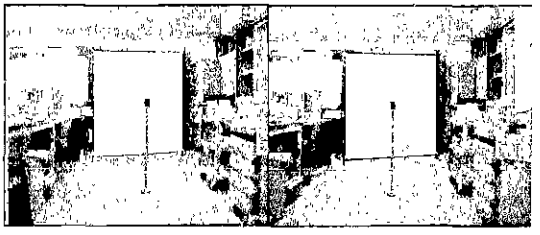
Fig. 5는 렌즈의 중심거리가 10cm, 20cm 및 30cm 일 때, 실제거리와 측정된거리를 비교하여 나타낸 그림으로 중심거리가 30cm 일 때, 실제거리에 가장 근접하고 있으며 중심거리 10cm와 20cm 에서는 거리가 증가함에 따라서 거리오차가 증가하고 있다. 그리고 실제거리가 2m 이상 멀어지면 중심거리가 작아질수록 거리오차가 더 크게 나타나고 있다. 이는 광학렌즈를 통과하는 빛의 굴절 및 왜곡과 디지털 영

상화 시키기 위한 CCD 카메라와 프레임 그레버의 분해능의 한계 때문에 Fig. 6 , Fig. 7 , Fig. 8에서 보여지는 바와 같이 같은 거리에 위치해 있는 물체라도 중심거리가 작아질수록 영상의 중심에 근접하여 거리오차가 커진다고 생각되어진다.



(a) Left image (b) Right image

Fig. 6 Stereo image for center length of lens, distance , at center length : 10 cm



(a) Left image (b) Right image

Fig. 7 Stereo image for center length of lens, distance , at center length : 20 cm

(a) Left image (b) Right image

Fig. 8 Stereo image for center length of lens, distance , at center length : 30 cm

이상과 같은 결과로 볼 때 이대로 하였을 경우 카메라 렌즈의 중심거리를 30cm로 하였을 때 거리오차가 가장 작게 나타나고 있을을 알 수 있었다.

3. 결론

스테레오 비젼을 이용한 자동반송차량의 장애물 판별 시스템을 개발하기 위하여 스테레오 비젼 시스템을 구축하고 스테레오 매칭 알고리듬을 구축하고 이를 이용하여 3차원 공간상에서 거리정보를 추출하여 물체의 위치를 추정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 렌즈의 중심거리 20cm, 초점거리 6mm 일 때, 기준길이 1m 지점의 기준점의 스테레오 투영 영상을 스테레오 매칭 후 추정한 시차정보로부터 영상 내에서의 1화소의 길이를 구한 결과 9.1㎛를 얻었다.

2) 광학렌즈를 통과하는 빛의 굴절 및 왜곡과 프레임 그레버의 분해능의 한계로 인하여 렌즈 중심거리가 10cm 와 20cm 일 때, 실제 거리가 증가할수록 측정거리와의 오차는 증가한다.

3) 렌즈의 중심거리가 30cm 일 때, 거리오차가 가장 적게 나타남을 알 수 있었다.

참고문헌

1. David J. Kriegman Triendl and Thomass O. Binford, "Stereo vision and navigation in buildings for mobile robots," IEEE Trans, on Robotics and Automation, vol.5, 1989
2. R. Jain, R. Kasturi and B. G. Schunck, "Machine vision" McGraw-Hill 1995.
3 R.C Gonzalez and R.E Woods, "Digital image processing" Addison -Wesley, 1993.
4. C. Sun, "A fast stereo matching method, Digital image computing." Techniques and Applications.pp.95-100, 1997,
5. Takeo Kanade and Masatoshi Okutomi, "A stereo matching algorithm with an adaptive window: Theory and experiment", IEEE Trans, Pattern Anal, Machine Intell, vol 16, No 9, pp.920 -932, 1994,