

스테레오 방식에서 일치성 문제를 해결하기 위한 새로운 선소 정합법

(A New Line Matching Technique for Solving Correspondence Problem in Stereo Method)

姜 大 甲*, 權 重 長**, 金 聖 大**

(Dae Kab Kang, Jung Jang Kwon, and Seong Dae Kim)

要 約

3D computer vision에서 일치성 문제를 해결하기 위한 많은 논문이 epipolar line이 수평하다는 가정을 사용한다. 그러나 실제로 그러한 상황을 만들기에는 어려운 점이 있다.

본 논문은 epipolar line이 수평하지 않은 상태에서 적용할 수 있으며 line matching에 근거를 둔 binocular-stereo matching 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 방법은 주어진 line segment의 끝점에서의 epipolar line들과 그점에서 maximum disparity에 의해서 결정되어지는 line searching window를 사용한다. 정합시에는 line segment들의 방향과 edge의 세기, cross-correlation들을 사용하였으며, 실험에 의해서 일치성 문제를 해결하기 위한 유용한 방법임을 알 수 있었다.

Abstract

Most algorithms utilized the horizontal epipolar lines for solving the correspondence problem in 3-D computer vision. However, the requirement is very difficult to be satisfied in real situations.

In this paper, we propose a binocular-stereo matching algorithm, based on line matching method, which does not require the horizontal epipolar line constraint. Our method makes use of the line searching window determined by the epipolar lines of the extreme pixels of a given line segment and two circles whose radius is equal to the maximum disparity. And we use the features including the direction of line segments, edge strength and cross-correlation for line matching.

The experimental results show that the proposed algorithm can be a useful tool for solving the correspondence problem in 3-D computer vision.

I. 서 론

3차원 물체 인식에 있어서 가장 중요한 요소중의 하나가 거리 정보이다. 이 거리 정보는 단지 물체의 기하학적인 구조에만 관계할 뿐, 조도와 반사율에는 무관하여 밝기 영상으로 해결하지 못하는 문제들을 쉽게 해결할 수 있는 장점을 지닌다. 거리 정보를 추

*正會員, 韓國放送公社

(Korean Broadcasting System)

**正會員, 韓國科學技術院 電氣및 電子工學科

(Dept. of Electrical Eng., KAIST)

接受日字: 1989年 3月 8日

출하는 대표적인 방식에는 삼각법을 이용한 것과 체공 시간을 이용하는 것이 있다.^[1] 삼각법을 이용하는 방식인 스테레오 분석법은 두 영상(혹은 그 이상의 영상)을 TV 카메라로부터 받아서 3차원 공간상의 한 점에 해당하는 화소들을 찾아 거리를 구해내는 방법이다.

그림 1에서 3차원 물체상의 한 점 p 에 해당하는 영상 평면상에서의 두 화소점인 (I_l, J_l) , (I_r, J_r) 이라 하면 각 화소점에 의해서 표시되는 직선의 방정식은 $L_l = C_l + \lambda R_l(I_l, J_l)$ 과 $L_r = C_r + \lambda R_r(I_r, J_r)$ 으로 나타내어진다. 이 두 개의 직선 방정식은 투시변환 행렬(perspective transform matrix)들로 부터 구할 수 있으며, 이로부터 거리정보를 찾아낼 수 있다. 이와 같이 스테레오 방식에서 거리 정보의 정확성은 3차원의 한 점 p 에 해당하는 화소들을 두 영상으로부터 어떻게 잘 찾아내느냐에 달려 있으며, 이를 일치성 문제(correspondence problem)라 한다.

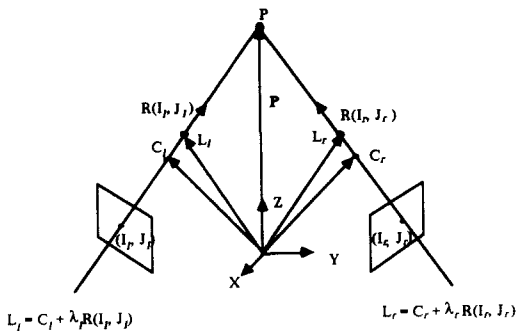


그림 1. 삼각법을 이용한 거리 정보의 추출
Fig. 1. Depth extraction using triangulation.

스테레오 방식에서 이 일치성 문제를 해결하기 위하여 여러가지 방법들이 제시되어 왔으며, 이 방식들은 크게 두 가지로 나뉘어진다. 첫째는 인간의 stereopsis에 대한 원리를 이용한 방법들이^{[2]-[6]}이고, 이와는 무관하게 단지 3차원 물체의 구조와 영상간의 관계를 이용하는 방식들이 있다.^{[7]-[12]} 이 일치성 문제는 두 영상간의 정합 문제로 귀착된다. 일반적 정합 방법에서는 각 화소 주위의 국부적인 성질을 이용하여 대응 화소를 찾는데, 기존 방법들은 대체로 area-based 방법과 feature-based 방법으로 나뉘어진다.^[10]

Area-based 정합법은 임의의 화소 주위에 있는 이웃들의 밝기 정보를 이용하고, 이웃 화소들의 disparity가 비슷하다는 가정을 사용한다. 이 방법에는 사

용하는 창들(window)의 크기를 가변시키는 경우^[13], 창들에 가우시안 가중치를 적용하여 사용하는 경우,^[14] 두 종류의 창들을 사용하여 계층적으로 조사하는 coarse-to-fine 방식^[8] 등이 있다. 그러나 이 방법들은 인접하는 화소들의 밝기가 비슷한 경우 정확한 정합이 이루어지지 않는 경우가 발생한다.

Feature-based 정합법은 3차원 물체의 물리적 성질(또는 기하학적인 성질)에 해당하는 의미있는 특징이나 밝기의 변화가 있는 특징을 기본 단위로 한다. 의미있는 특징들로는 edge, 꼭지점, 선분등이 있다. 이 방법은 모든 화소에 대하여 특징이 존재하는 것은 아니기 때문에 area-based 방식보다 빠르게 수행되고, 정합의 정확도가 높으며, 실제 물체의 기하학적인 성질을 이용하기 때문에 밝기의 변화에 대하여 덜 민감하다. 따라서 이 방법이 널리 연구되고 있다. 그러나 feature-based 방법으로 얻어진 거리는 조밀하지 못하므로 반드시 모델에 근거한 보간 과정이 필요하다. 이러한 방법에는 후보 disparity에 확률을 할당하고 완화법(relaxation method)을 적용하여 정합될 가능성을 개선시키는 방법,^[7] 가우시안 필터링을 한 다음 영 교차(zero crossing)를 사용하여 특징을 추출한 후에 coarse-to-fine 방식을 이용하여 대응점을 구하는 방법,^[3, 6, 9] 선소와 선소 탐색 창들을 이용하여 완화법을 사용한 방법,^[10] 그리고 epipolar line을 주로 이용하여 대응점을 찾아내는 방법,^[8, 11] 등이 있다.

지금까지 일치성 문제를 해결하기 위한 여러가지 방법들 중에 선소(line segment)를 이용하여 이 문제를 해결하는 기존의 방법이 있다.^[10] 이 방법은 선소가 한쪽 영상에만 존재할 때에 부정합의 문제가 발생할 뿐만 아니라, 단지 평균 disparity만을 최소화하는 선소들을 정합 선소라 선택함으로써 일어나는 부정합의 문제에 대한 해결책이 없고, epipolar line이 주사선(scan line)에 수평하다는 가정을 함으로써 실제로 구현하기에는 어려운 점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하는 새로운 방법을 제안하고자 한다.

II. 제안하는 알고리즘

제안하는 알고리즘에서는 우선 Babu 연산자에 의하여 edge들을 추출한 후 세선화(thinning) 과정을 거쳐서 연쇄 부호화(chain coding)를 이용하여 edge들을 서로 연결시킨다. 그 다음 연결된 edge들을 선형 근사화를 통하여 선소를 얻고 그 선소의 길이순으로 배열을 한다. 선소들을 배열하는 이유는 선소가 길

수록 많은 정보량을 가지고 있어서 정합의 정확성을 높일 수 있기 때문이다. 배열된 선소들에 대하여 선소 정합에 필요한 특징들을 추출하여 선소탐색 창들을 이용하여 제안한 방법으로 선소 정합을 한다. 이때 선소를 이용하여 정합하는 이유는 화소대 화소와의 정합보다 정확성을 높일 수 있으며 각 선소의 점마다 epipolar line을 계산하지 않고 선소의 시작점과 끝점만을 사용하여 epipolar line을 계산함으로써 정합시에 필요한 계산시간을 줄일 수 있기 때문이다.

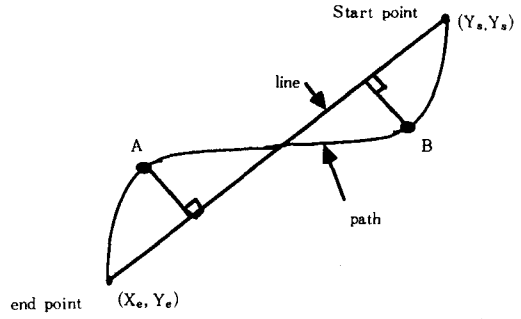


그림 2. 선형 근사화
Fig. 2. Linear approximation.

1. 선형 근사화

정합에 필요한 특징을 추출하기 위해서는 우선 선소를 얻어야 한다. 이 선소는 edge를 추출한 다음 추출된 edge들을 연결시키고 연결된 edge들을 선형 근사화하여 얻는다. 이때 edge들을 연결시키는 작업을 경로 부호화(path coding)라 한다. edge들을 추출하는 연산자는 여러가지가 있으나 본 논문에서는 Babu 연산자^[14]를 이용하여 edge들을 뽑아낸다. 이때 edge들을 추출하는 마지막 단계인 세선화를 거친 결과가 완전하게는 세선화가 되지않고 이웃한 화소가 남아있는 경우가 있다. 이러한 현상이 일어나면 본 논문에서는 각 영상에서 영역들을 형성하는 edge들 중에서 가장자리에 있는 edge 요소들을 edge로 선택한다. 이 방법은 완전히 세선화되지 않는 edge들은 그 이웃의 화소가 대부분 두개 이하이므로 논리에 타당성을 지닌다. 그리고 각 edge들을 연결시키는 경로 부호화의 알고리즘은 여러가지가 있으나 본 논문에서는 연쇄 부호화(chain coding)를 이용하였다.

또한 선형 근사화는 위에서 얻은 경로 부호화의 정보를 가지고 선소들을 다음과 같이 추출해낸다.^[15] 그림 2에서 경로의 시작점이 (x_s, y_s) 이고 끝점이 (x_e, y_e) 이라 하자. 시작점 (x_s, y_s) 에서 끝점 (x_e, y_e) 를 연결하는 선분과 경로를 이루는 각 좌표점들과의 수직 거리가 최대가 되는 B점을 찾는다.

이때 직선의 방정식이 $ax+by+c=0$ 이라면 이 직선에서 점 (x_1, y_1) 까지의 수직거리 d는 다음과 같다.

$$d^2 = \frac{(ax_1 + by_1 + c)^2}{a^2 + b^2} \quad (1)$$

선분과 경로상의 B점과의 수직 거리 d가 임계치 (1.5 pixel)를 넘지 않는다면 이 경로는 근사화한 선소라고 간주하고 끝을 낸다. 그러나 B점에서의 수직 거리가 임계치를 넘는다면 이 점에서 분쇄점(break point)를 생성시키고 경로의 시작점에서 B점까지와, B점에서 경로의 끝점까지의 두 개의 직선 방정식을 구성하여 위와 같은 방법을 반복하여, 각 좌표점들

에 대하여 수직 거리가 임계치 이하가 되어 분쇄점이 생기지 않을 때까지 위와 같은 방법을 계속한다. 이렇게 얻어진 각 선소의 시작점과 끝점 및 방향 정보와 선소의 길이를 저장해 둔다.

2. 특징 추출

위에서 얻어진 각 선소에 대해 길이가 긴 선소에서부터 짧은 것으로 배열한다. 이것은 긴 선소에 대하여 먼저 비교를 하고자 함이다. 정합 과정에서 사용될 특징은 그림 3과 같은 특징 추출 창들(feature extraction window)을 사용하여 추출한다. 한 edge 점에 대한 특징 추출 창들은 그림과 같으며, 이 창들은 edge 방향에 수직한다. 이렇게 하는 것은 더

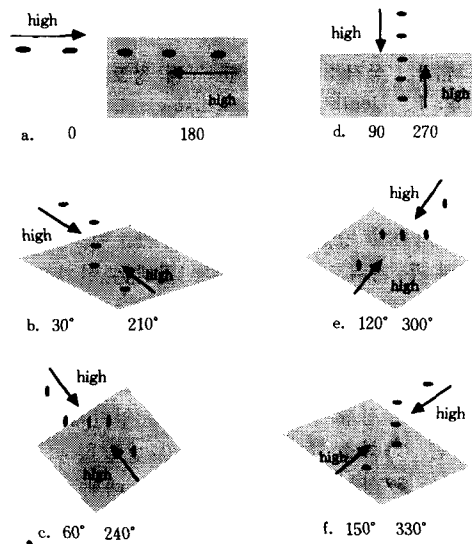


그림 3. 한 edge 점에 대한 특징 추출 창들
Fig. 3. Feature extraction window for an edge point.

욱 좋은 특징을 구하기 위해서이며, edge 방향에 무관하도록 하기 위함이다. 이 특징 추출 창틀을 사용하여 선소의 길이가 8 화소, 선소를 구성하는 화소들의 edge 방향이 모두 30°인 선소에 대한 특징추출 창틀의 한 예가 그림 4에 나타나 있다. 본 논문에서 사용하는 특징들은 다음과 같다.

- a. 선소의 방향(angle of line element) : θ_l
- b. 선소를 이루는 화소들의 평균 edge 방향 : θ_e
- c. 선소의 특징 추출 창틀내에 있는 화소 중에서 밝기가 낮은 부분에 있는 화소들의 평균 밝기 값 : I_l
- d. 선소의 특징 추출 창틀내에 있는 화소 중에서 밝기가 높은 부분에 있는 화소들의 평균 밝기 값 : I_h
- e. 선소를 이루는 화소들의 평균 edge 크기 : M_e

3. 선소 탐색 창틀(Line Searching Window)의 결정

정합 선소를 찾기 위해서는 탐색을 해야 한다. 이 탐색 영역을 줄이기 위해서 탐색 창틀을 이용하는데 창틀은 다음과 같이 결정한다. 한 영상 평면의 임의의 한 점에 대한 다른 영상 평면에서의 대응점은 그 점에 해당하는 epipolar line 상에 존재해야 한다.

카메라 조정(camera calibration)시에 나타나는 최대 disparity의 2 배를 D_{2c} 라 하면 후보 정합점이 있을 수 있는 영역은 정합시키고자 하는 점과 같은 좌표를 갖는 다른 영상의 점에서 반경이 D_{2c} 인 영역안에 들어오는 epipolar line이다. 선소 탐색 창틀은 한 쪽 영상의 선소의 시작점과 끝점에 대한 다른 쪽 영상에서 있는 epipolar line의 한정범위(D_{max})로 이루어지는 두 epipolar line과 각 epipolar line의 끝점으로 이루어진 두 직선등, 네 직선으로 둘러싸인 범위를 선소 탐색 창틀이라 한다.

4. 정합 알고리즘

본 논문에서 제시한 정합 알고리즘은 다음과 같다.

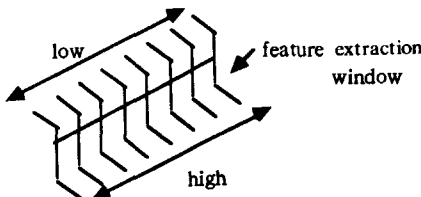


그림 4. 한 선소에 대한 특징 추출 창틀
Fig. 4. Example of feature extraction window for a line element.

[단계 1] 왼쪽 영상의 선소중 가장 긴 선소 L_1 을 선택한다.

[단계 2] 그림 5에서 보듯이 L_1 에 대한 오른쪽 영상에 대한 선소 탐색 창틀 $W(L_1)$ 를 구하여 이 창틀 안에 있는 모든 선소들을 찾고 이들로 구성되는 집합을 S 라 한다.

[단계 3] S 에 속한 모든 선소들에 대하여 근사도를 계산하여 후보 선소를 검출한다.이렇게 검출된 선소들을 T 라 하고 이들 선소들을 정합 후보 선소라 한다. T 에 속하지 않는 선소들을 정합 가능성이 없다고 가정한다.그림 6은 그림 5에 대한 후보 선소들을 나타낸 것이다.

[단계 4] T 에 속하는 선소들 즉 후보 선소들 간에 collinearity를 조사한다. 그림 6에서 선소 a와 선소 b처럼 collinearity가 존재한다면 선소 탐색 창틀 $W(L_1)$ 안에서 가장 긴 선소 a만을 정합시에 사용한다. 선소 b와 L_1 과의 정합 여부는 선소 a의 정합 결과에 따라 결정된다. 이는 연결성이 있는 선소들 중에서 길이가 가장 긴 선소와의 다른 선소들을 고려하지 않음으로써 epipolar line을 계산하는 시간을 줄이고, 최대 상관계수를 가지는 한 선소만을 정합 선소라고 가정함으로써 나머지 연결성이 있는 선소들이 정합되는 경우를 생각하지 않는 것을 보상이켜주기 위함이다. 그림 7은 이것의 결과를 나타낸 것이다.

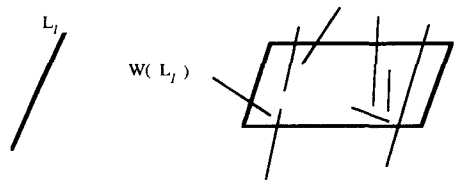


그림 5. L_1 에 대한 선소 탐색 창틀
Fig. 5. Line searching window for L_1 .

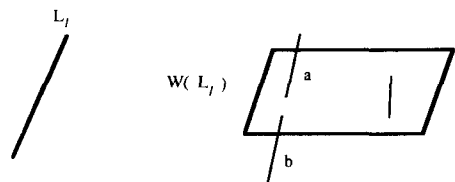


그림 6. 후보 선소들
Fig. 6. Candidate line elements.

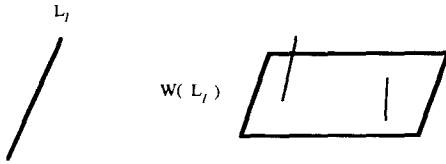


그림 7. 선소 연결성을 조사한 후의 결과
Fig. 7. Result after collinearity test.

[단계 5] 단계 4 까지 거친 후 남은 선소들의 집합 U의 원소들과 원래의 선소 L₁과 상관계수를 구하여 비교한다. 이때 사용된 창틀의 형태는 이전에 특징 추출시에 정의한 특징 추출 창틀을 기준으로 하여 창틀을 구성하는데 선소간의 상관 계수는 다음과 같이 계산한다.

$$C_{line} = \frac{\sum_{i=1}^N (\ell_i - \mu_\ell) (r_i - \mu_r)}{[\sum_{i=1}^N (\ell_i - \mu_\ell)^2 \sum_{i=1}^N (r_i - \mu_r)^2]^{1/2}} \quad (2)$$

$$\mu_\ell = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ell_i, \quad \mu_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \quad (3)$$

N은 특징추출창틀 내에 있는 화소들의 갯수를 의미하며 ℓ_i 는 왼쪽 영역의 화소, r_i 는 오른쪽 영역의 화소를 의미한다. 집합 U의 각 원소에 대한 위의 상관 계수 C_{line} 을 계산하여 어떤 임계치를 넘는 선소들을 최종 후보 선소들이라 한다. 이 방법에 의해서 왼쪽 영상에만 나타나는 선소들은 자연히 상관 계수가 적기 때문에 제거된다.

[단계 6] 단계 5에서 얻은 최종 후보 선소들 중에서 상관 계수가 가장 큰 선소(L_{max})를 선택하여 이 선소를 구성하는 화소들 중에서 선소 탐색 창틀 W(L₁)속에 들어있는 화소들로 구성되는 부선소에 대하여 시작점 l_s 과 끝점 l_e 을 이용하여 왼쪽 영상에서 새로운 선소 탐색 창틀 W(L_{max})을 계산한다. (그림 9 참조)

[단계 7] 단계 5에서 얻은 최종 후보 선소에 대하여 단계 2와 3을 왼쪽 영상에 적용한다.

[단계 8] 단계 7까지 얻은 왼쪽 영상의 선소들과 최종 선소후보에 대하여 상관 계수들을 구하여 이 상관 계수가 최대인 왼쪽 영상의 선소가 정합 시키고자 하는 선소 L₁ 인가를 조사한다. 만약 L₁이 L_{max} 와의 상관 계수에 최대라면 L₁에 대한 정합 선소는 L_{max}

라고 결정한다. 그리고 나서 단계1로 가서 다음의 선소에 대하여 위와 같은 과정을 반복한다. 만일 최대 계수를 가지는 선소가 L₁이 아니라면 L_{max}는 L₁의 정합선소가 아니고 다른 선소에 정합될 가능성이 더욱 높다고 생각하여 단계 5에서 얻은 상관 계수 C_{line}이 다음으로 큰 선소를 L_{max} 라 두고 단계 6으로 되돌아와 다음 단계를 계속 수행한다. 이때 최종 선소 후보들 모두에 대하여 정합 선소가 존재하지 않는다면 선소 L₁에 대한 정합 선소는 없다고 가정하고 단계 1로 돌아가서 왼쪽 영상의 다른 선소에 대하여 위와 같은 작업을 계속하여 왼쪽 영상의 각 선소에 대한 정합 선소를 찾는다.

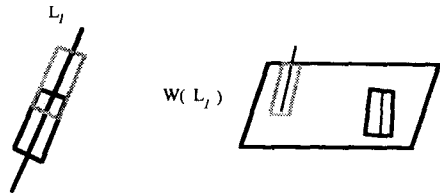


그림 8. 상관 계수를 구하기 위한 창틀
Fig. 8. Window for calculating correlation coefficient.

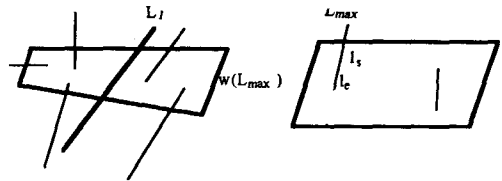
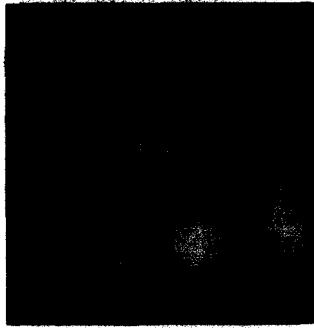


그림 9. L_{max}에 대한 새로운 선소 탐색 창틀 W(L_{max})
Fig. 9. Line searching window W(L_{max}).

III. 실험 및 검토

실험에 사용한 영상들의 크기는 256×256이고 gray level은 256 level로 비교적 단순한 영상 및 복잡한 영상이다. 그림10에서 보여지는 실험 환경은 물체들이 약 40cm 정도의 지름안에 놓여있고 카메라에서 물체들까지의 거리는 약 2m 정도이며 카메라에서 가까이

있는 물체에 의해서 멀리 있는 물체가 보이지 않는 부분이 있고 그림자 영향도 존재한다. 또한 epipolar line이 주사선에 수평하지 않으며 angle of view는 약 27°이다. 그림11은 Babu 연산과 세션화 과정을 거쳐서 검출된 최종 edge 들을 나타내며 복잡한 영상에 대한 선소들의 검출 결과를 그림12에 나타내었다. 이때 사용한 임계치는 21이었다. 이 그림에서 점들은 선형 근사화 후의 선소들의 시작점과 끝점들을 표시한다. 그림13은 실험의 최종 결과이다. 그림은 정합에 성공한 선소들의 오른쪽 영상과 왼쪽영상을 겹쳐 보인 것이다. 선형근사화 과정에서 추출한 선소중 정합에 성공한 선소들의 비율은 비교적 단순한 영상에서는 87~95% 이었고, 복잡한 영상에서는 74-84% 정도가 되었다.



(a)



(b)

그림 10. 원 영상들

- (a) 경우 1(간단한 영상의 왼쪽 영상과 오른쪽 영상)
- (b) 경우 2(복잡한 영상의 왼쪽 영상과 오른쪽 영상)

Fig. 10. Original images.

- (a) case1 (simple image),
- (b) case2 (complex image).

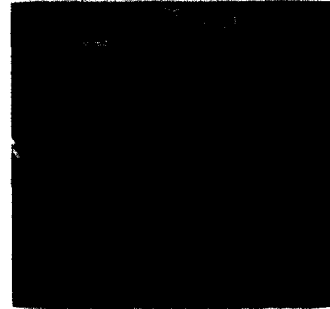
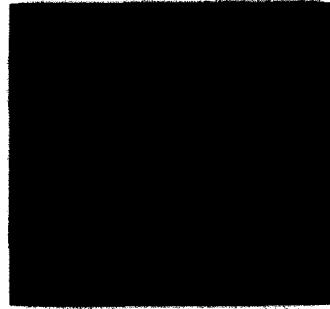


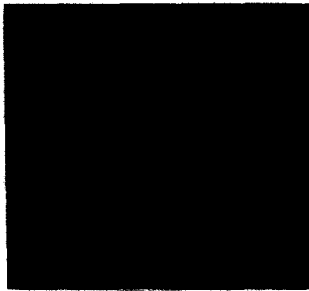
그림 11. 검출된 최종 edge들

Fig. 11. Final extracted edges.

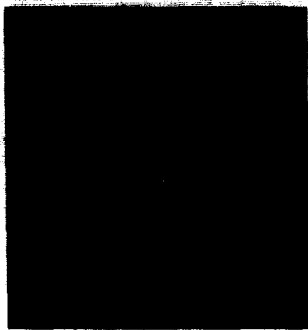


그림 12. Straight line들의 검출

Fig. 12. Extracted straight lines.



(a)



(b)

그림13. 최종 결과

- (a) case 1에 대한 결과
- (b) case 2에 대한 결과

Fig. 13. Final result.

- (a) Final result for case 1,
- (b) Final result for case 2.

IV. 결 론

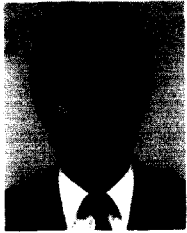
본 논문에서 제시한 선소 정합 알고리즘은 스테레오 방식에서 가장 문제가 되는 일치성 문제를 해결하고자 제시한 최대 상관 계수를 이용한 선소 정합법이다. 이 알고리즘은 epipolar line이 주사선에 수평하지 않으므로서 생기는 많은 계산 시간을 정합시에 선소의 시작점과 끝점만으로 계산함으로써 많이 줄일 수 있으며 겹침으로써 보이지 않는 선소에 대하여, 또 명암의 차이가 나는 영상들에 대해서도 잘 적용된다. 여기서 점 대 점에 대한 정합은 본 논문의 결과로부터 쉽게 얻을 수 있다. 이것은 우선 정합시키고자 하는 선소를 선택하여 이 선소에 정합된 선소를 찾은 후, 이 선소상의 각 점에서 epipolar line를 계산하고 이 epipolar line과 정합된 선소가 만나는 점을 찾으면 그 점이 대응점이 된다. 여기서 정합에 대한 정확성을 높이고자 하면 angle of view를

증가시키면 되나 겹치는 부분이 많이 생기게되고 양쪽 카메라에 나타나는 영상의 밝기 차이가 커지게 되어 정합에 영향을 준다.

參 考 文 獻

- [1] R.A. Jarvis, "A perspective on range finding technique for computer vision," *IEEE. trans. on PAMI-5*, no. 2, pp. 122-139, 1983.
- [2] C.K. Wu and D.Q. Wang and R.K. Bajcsy, "Acquiring 3-D spatial data of a real object," *CVGIP28*, pp. 126-133, 1984.
- [3] D. Marr, *Vision*, W. H. Freeman and Company, 1982.
- [4] D. Marr and G. Palm and T. Poggio, "Analysis of a cooperative stereo algorithm," *Biol. Cybernetics* 28, pp. 223-239, 1979.
- [5] D. Marr and T. Poggio, "A computational theory of human stereo vision," *Proc. R. Soc. Lond. B.* 204, pp. 301-328, 1979.
- [6] K.L. Boyer and A.C. Kak, "Structural stereopsis for 3-D vision," *IEEE. trans. on PAMI-10* no. 2, pp. 144-166, 1988.
- [7] S.T. Banard and W.B. Thompson, "Disparity analysis of images," *IEEE. trans on PAMI-2*, no. 4, pp. 333-340, 1980.
- [8] Y. Yakimovsky, "A system for extracting three-dimensional measurements from a stereo pair of TV camera," *CVIP7*, pp. 195-210, 1978.
- [9] M. Ito and A. Ishii, "Three-view stereo analysis," *IEEE. trans on PAMI-8*, no. 4, pp. 524-532, 1986.
- [10] G. Medioni and R. Nevatia, "Segment-based stereo matching," *CVGIP31*, pp. 2-18, 1985.
- [11] R. Tsai, "Multiframe image point matching and 3-D surface reconstruction," *IEEE. trans on PAMI-5*, no. 2, pp. 153-173, 1983.
- [12] H.H. Baker and T.O. Binford, "Depth from edge and intensity based stereo," *Proc. 7th Int. Joint. Conf. Artificial, intell.*, pp. 631-636, 1982.
- [13] M.D. Levine, "Computer determination of depth maps," *CVIP2*, pp. 131-150, 1973.
- [14] R. Nevatia and R. Babu, "Linear feature extraction and description," *CVIP13*, pp. 257-269, 1980.
- [15] Theo pavlidis, *Algorithms for graphics and image processing*, pp. 283-287, Computer science press, 1982.

著 者 紹 介



姜 大 甲 (正會員)

1963年 1月 18日生. 1986年 2月
부산대학교 전자공학과 졸업. 19
89年 2月 한국과학기술원 전기·
전자공학과 공학석사 취득. 1989
年 3月~현재 한국방송공사 기술
연구소 연구원. 주관심분야는 입

체영상, 영상압축 및 처리등임.



權 重 長 (正會員)

1962年 11月 22日生. 1985年 2月
부산대학교 전자공학과 졸업.
1987年 2月 한국과학기술원 전기·
전자공학과 공학석사 취득. 1987
年 3月~현재 한국과학기술원 전
기·전자공학과 박사과정 재학중.

주관심분야는 3D computer vision, 영상인식, 영상
처리 등임.

金 聖 大 (正會員) 第25卷 第12號 參照
현재 한국과학기술원 전기및
전자공학과 부교수