

스테레오 영상 정합을 위한 새로운 구조 정보 추출 알고리즘

최 환 언* 오 성 상** 안 석 출***

(*동래여자전문대학 **부산공예고등학교 ***부산공업대학)

Simple Algorithm of Structure Features Extration for Stereo Image Matching

Hwan Eon Choi*, Sung Sang Oh**, Suk Chul Ahn***

Abstract

This paper presents a simple algorithm to obtain three dimensional information of an object. In the preprocessing of the stereo matching, feature point informations of stereo image must be less sensitive to noise and well liked the correspondance problem.

This paper described a simple technique of structure feature extraction of 3-D object and used edge-end point expanding method for unconnected line instade of Hough transform. The feature such as corner point and their angles are used for matching problem. The experimental results show that the described algorithm is a useful method for stereo correspondence problem.

1. 서 론

최근 인공시각에 대한 관심이 높아감에 따라 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 3차원 물체의 인식과 이해를 위해 인간의 시각 시스템과 유사한 stereo 방법으로 많은 연구가 진행되고 있다.^{2), 3), 4)}

이의 응용영역 또한 다양하지만 특히, 공장자동화의 필요성에 의한 로봇공학분야의 로봇트 비전이 많은 관심의 대상이 되고있다.¹⁾

3차원 물체의 인식은 3차원 거리정보를 추출하는 과정과 이로부터 물체를 인식하는 과정으로 나눌수 있으며, 3차원 거리정보를 얻기위한 스테레오 정합과정은⁵⁾ 6) 크게 영역 기반 스테레오 정합방법 (Area-Base Stereo Mating method)와 특징 기반 스테레오 정합 방법 (Feature-Based Stereo Mating method)로 나눌수 있다. 7), 8) 영역 베이스 방법은 한쪽 영상의 특징점을 중심으로 한 일정 영역과 다른쪽 영상의 대응점을 중심으로 한 일정 영역에 대한 명암으로서의 유사성을 기초하여 스테레오 정합을 시도하는 방법이다. 이방법은 알고리즘 및 처리과정이 단순하고 반면 조명등과 같은 입력 환경에 민감하며 어떤 특성화소에서는 잘 적용 되지 않는 단점도 있다.

반면 특징베이스 방법은 두영상의 특징점에 대하여 의미를 갖는 특징 정보를 표현한다. 표현된 특징 정보의 유사성을 기본으로 대응점간의 스테레오 정합을 시도한다.

이 경우 국소적인 특징의 정보가 서로 일치하는 점을 대응시켜야 하는데 가능한 후보점의 수가 적어야 된다.

이러한 특징 정보는 전체적인 명암도의 변화에 덜 민감하며 특징을 갖는 화소에 대해서만 정합을 시도하므로 후보점의 수가 현격하게 감소하므로 처리시간이 빠르게 된다. 그러나 특징점에 대한 특징표현을 합리적으로 어떻게 정확한 위치에 정확하게 하느냐에 따라 스테레오 정합의 효율 및 그 오차도 크게 달라진다.

또 특징 표현은 특징점의 간단한 정보만을 가지기 때문에 유사한 대응점을 쉽게 찾을 수가 있으나 모든 경우의 특징점에 대한 정합에서는 상당한 어려움이 따른다

본 논문에서는 이러한 특징점으로 코너의 위치와 그위치에서의 내각의 정보를 이용하였다. 코너의 검출 기법은 이미 많은 사람들이 연구 하였으나^{9), 10), 11)} 그

처리 과정이 복잡하고 시간이 오래 걸리는 단점이 있어 이러한 문제점을 해결하기 위해 육면체 화상의 물체와 배경을 구분하는 Histogram 을 이용한 초기 화상분할 과정을 거쳐¹²⁾ 간단한 전처리 과정을 거쳐 에지를 구한다. 일반적으로 이렇게 하여 구해진 에지는 반드시 연속은 아니기 때문에 연결시켜 주어야 한다. 이 문제를 해결하기 위해 종래에는 Hough변환을 많이 이용하였으나 본 논문에서는 새로운 방법인 에지끝점 연장법에 의해 폐경계를 구한후¹³⁾ 특징점을 구하는 알고리즘을¹⁴⁾ 이용하여 특징점을 추출한 후 제안된 방법의 타당성을 실험을 통해 확인하였다.

2. 화상의 분할

2. 1 초기화상 분할

어떤 입력된 화상은 배경과 물체에 대한 평균 농도의 차이가 있어야만 시각적으로 화상을 이해할수 있으며, 또 이 화상으로부터 물체와 배경의 초기 분할이 가능하다.

화상의 화소를 $f(I_k, J_k)$ 라 하고, 화소의 농도를 D_k 라 할때, $f(I_k, J_k)$, I_k , J_k 그리고 D_k 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(I_k, J_k) = D_k \dots\dots\dots (1)$$

$$D = \{K : 0 \leq K \leq 255, K \text{는 정수}\}$$

$$\text{if, } D_k = 255 : \text{White}$$

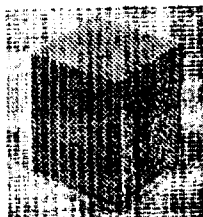
$$0 : \text{Black} \dots\dots\dots (2)$$

$$I_k = \{K : 1 \leq K \leq 256, K \text{는 정수}\}$$

$$J_k = \{K : 1 \leq K \leq 256, K \text{는 정수}\} \dots\dots\dots (3)$$

실험에 사용된 입력 화상은 Fig.1 과 같다.

a) Left Image



b) Right Image

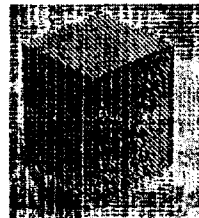


Fig. 1 Input Image

Thresholding 이란 각 영역의 밝기 차가 분명할 때 이들 영역의 밝기를 배경과 물체로 구분할 수 있는 문턱 값을 정하여 Thresholding 하는 방법으로 이 문턱값의 결정은 매우 중요하다. 일반적으로 단순한 화상일 경우는 밝기 분포가 두개의 peak를 가지며 이들 peak사이의 뚜렷한 계곡이 존재하는 bimodal 형인 경우가 대부분이다.

이 경우 자동 문턱값 추출 기법을 이용하여 histogram 을 smoothing 한 후 D_T 를 구하고 D_T 를 이용 초기 화상 분할된 화소를 $f_k(I_k, J_k)$ 라 하면 식(4)와 같이 표현할 수 있으며 화상은 Fig.2 와 같다.

$$f(I_k, J_k) = D_k$$

if, $D_k > D_T$ 면, $D_k = 0$: Back Ground
 $D_k \leq D_T$ 면, $D_k = D$: Object (4)

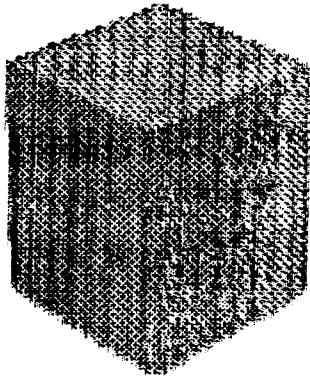


Fig. 2 Initial Segmented Image

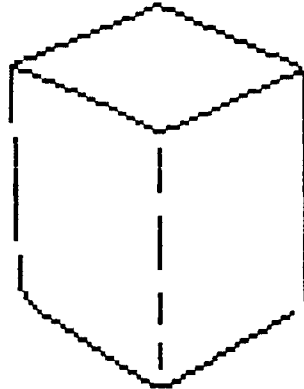


Fig. 3 Unconnected edge pattern

2. 2 경계선 추출 및 연결

에지를 추출하기 위해 Fig.2 에 laplacian operator를 이용한후 합치 처리에 의해 에지값이 적은 에지점을 소거한다.

이 처리결과 남은 강한 에지는 Fig.3 와 같이 모두 연결된 상태가 아니다.

Fig. 3 로 부터 강한 에지의 끝점을 연장하여 영역을 둘러싸는 폐경계를 구해야 한다.

먼저, 라스트 주사에 의해 분기수가 1인 에지의 끝점을 탐색 한다. 에지의 끝점에 대해서 다음과 같은 처리를 한다.

지금 Fig. 4과 같이 에지의 끝점 e_0 를 중심으로하는 3×3 window를 고찰한다.

e_6	e_7	e_8
e_5	e_0	e_1
e_4	e_3	e_2

Fig. 4 3×3 window of end point

그리하여 중심점의 에지의 방향에 가장 가까운 3점(e_5, e_6, e_7) 중에서 다음 평가 함수를 최대화하는 점을 e_0 의 끝점의 연장점으로 한다.

$$f(e_0, e_i) = |e_i| \cos(e_i - e_0) \dots\dots\dots (5)$$

이 평가 함수는 에지값이 크고 에지 방향이 중심점의 방향과 같은점에서 큰값이 나온다. 이때 끊어진 부분의 에지값의 세기는 Fig. 2의 데이터를 이용 한다. 방향각은 에지 끝점의 진행 방향과 연장 후보점의 방향이 같은 방향이면 (e_6) 0° 으로 나머지 두방향이면(e_5, e_7) 45° 로 하면 된다. 이때 사용한 에지 데이터의 예가 Fig. 5이다.

0	2	7	12	1	6	9	10	102	158	216	0	0
0	1	12	8	5	5	5	15	104	157	259	0	0
0	1	14	13	4	3	6	10	119	152	267	0	0
11	8	15	14	3	2	9	6	133	146	299	0	0
11	2	6	5	5	4	18	15	139	159	291	0	0
11	2	8	2	1	15	13	3	129	154	282	0	0
11	1	6	4	3	15	8	10	136	156	283	0	0
11	1	6	2	6	10	11	6	140	153	285	0	0
11	2	5	5	10	11	6	1	152	151	297	0	0
11	3	11	10	5	5	4	1	157	156	303	0	0
10	3	11	5	13	12	7	5	147	150	296	0	0
10	3	9	4	6	10	5	7	153	149	300	0	0
10	4	3	2	5	8	6	5	157	148	301	0	0
10	4	2	7	6	1	11	10	98	217	231	0	0
9	2	6	8	5	7	21	29	163	214	98	0	0
2	2	1	1	11	35	21	118	173	57	0	0	0
2	2	13	60	36	151	205	70	0	0	0	0	0
20	101	41	111	111	166	293	93	0	0	0	0	0
79	98	63	206	288	93	0	0	0	0	0	0	0
160	251	182	275	253	132	0	0	0	0	0	0	0
215	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 5 Edge data

연장점이 또 끝점이 되는 경우에는 이 연장점을 중심점으로 하여 위의 연장 처리 과정을 반복 수행 한다.

이 에지의 연장이 정지하는 경우는 다음의 두가지 경우다.

- 1) 연장점이 이미 존재하는 에지점인 경우에는 연장을 정지 한다.
- 2) 일정치 이하의 에지점이 일정한 길이 이상 연속된 경우에는 그 연장점의 시작점으로부터 연장점을 모두 삭제하고 연장을 정지한다.

연장이 정지 하면 연장의 시작점으로 되돌아 가고 다음에는 중심점 에지의 역 방향으로 연장을 시작하여 상기와 같은 연장을 반복 처리한다.

그리하여 역 방향의 연장도 정지하면 시작점으로 되돌아오고 라스트 주사에 의해 다음의 에지의 끝점을 탐색하고 이상의 처리를 반복한다.

그 결과 <Fig. 6>와 같이 영역을 둘러싼 닫힌 에지를 구할 수 있다.

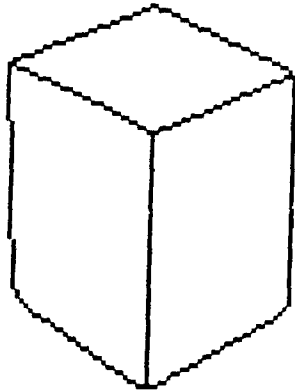


Fig. 6 Boundary Line Pattern

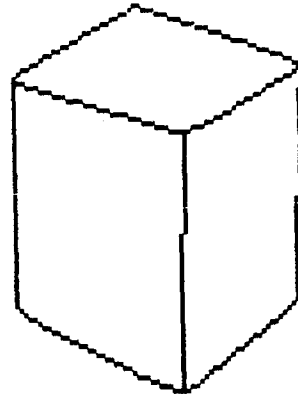


Fig. 7 Left boundary Pattern

같은 방법을 우측 화상에 적용한 영상 pattern은 <Fig. 7>과 같다.

3. 특징점 추출

〈Fig. 6〉으로 부터 chain code를 이용하여 윤곽선을 추적하여 반시계 방향의 8-방향 성분으로 표현한 그림은 〈Fig. 8〉과 같다.

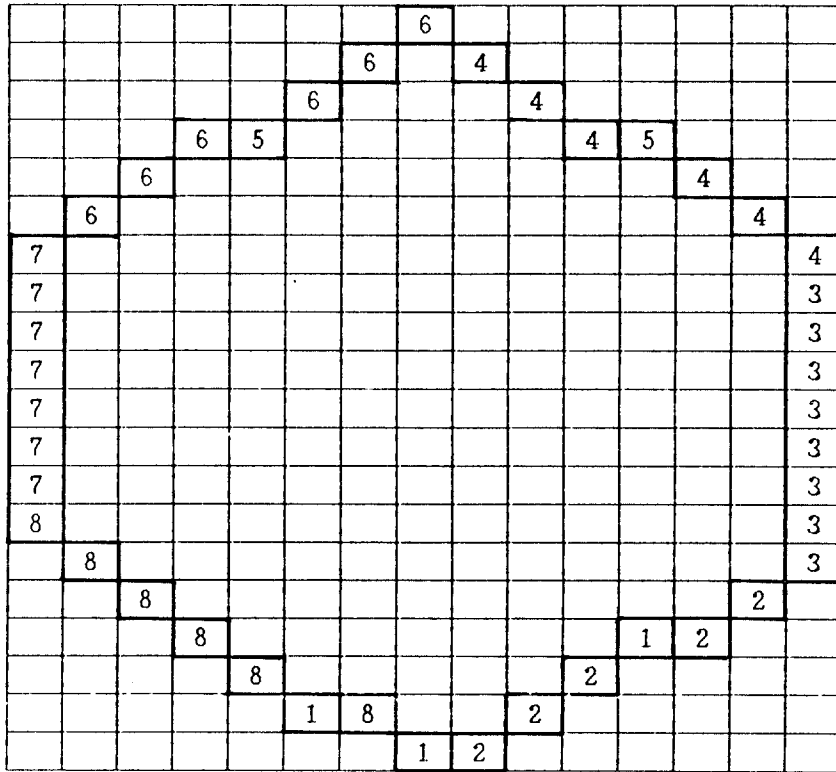


Fig. 8 Counterclockwise 8-direction Scheme

Fig. 6과 Fig. 8의 Pattern 정보를 이용한 특징점 추출 알고리즘은 다음과 같다.

Procedure 1.

Step(1) Input Line Pattern : $f_b(I_k, J_k)$

Step(2) 8-Direction Labeling : $f_b(I_k, J_k) = i_d(n)$

Procedure 2.

Step(1) IF $(f_b(I_{k-1}, J_{k-1}) = f_b(I_k, J_k) = f_b(I_{k+1}, J_{k+1}))$

.AND. $|f_{bb}(I_{k-1}, J_{k-1}) - f_b(I_k, J_k)| \leq L_d$

THEN Step(5)

Step(2) $CPI''(m) = I, CPJ''(m) = J_k$
 Step(3) IF($f_b(CPI''(m-1), CPJ''(m-1))$
 $= f_b(CPI''(m), CPJ''(m))$)
 THEN Step(5)
 Step(4) $CPI'(n) = CPI''(m-1), CPJ'(n) = CPJ''(m-1)$
 Step(6) GOTO Step (1)

Procedure 3.

Step(1) IF($\angle(CPI'(n), CPJ'(n)) \geq At$)
 THEN Step(4)
 Step(2) $CPI(1) = CPI'(n), CPJ(1) = CPJ'(n)$
 Step(3) If($CPI'(n), CPJ'(n) = \text{Starting point}$)
 THEN STOP
 Step(4) GOTO Step(1)

이상과 같은 Algorithm을 통해 구해진 최종 특징점은 다음에 이용할 corner point의 position과 그 내각의 정보를 갖게된다.

Procedure 3 에서 Step(1)이 그 내각이고 Step(2)가 특징점화소의 Position이 된다.

이때 coner point의 내각의 정보를 ANG(i) 라고 하면 다음 식과 같이 표시할수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{ANG}(i) = \theta & & : \text{Convexity (볼록점)} \\
 & & \text{point angle} \\
 = 360 - \theta & & : \text{Concavity (오목점)} \\
 & & \text{point angle} \dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

여기서 θ 는 두개의 직선이 만나서 이루는 사이각으로서 $0 < \theta < 180$ 의 값을 가지며 i는 특정점의 순서가 된다. 두점이 만나서 이루는 사이각 θ 는 다음 식과 같은 방법으로 구한다.

여기서, θ 는 내각이고 θ' 는 순방향 선분의 각이며 θ'' 은 역방향 성분의각으로 이들 사이의 관계는 (7), (8)식과 같다.

if, $\theta'' > \theta'$ 면
 $\theta = \theta'' - \theta'$ (7)

if, $\theta'' < \theta'$ 면
 $\theta = 360 + (\theta'' - \theta')$ (8)

4. Stereo 정합

3 장에서 제안된 알고리즘을 이용하여 추출된 물체의 구조 특징을 이용하여 Stereo 정합을 실시한 결과를 Fig.9 와 같다.

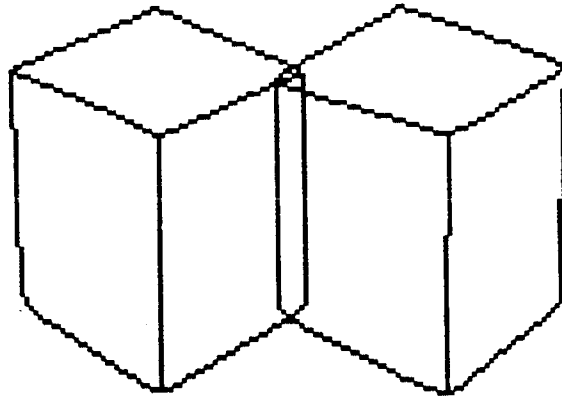


Fig. 9 Result of Stereo Matching

컴퓨터 시뮬레이션에 의해 얻어진 좌우 화상의 정보는 아래 Table. 1과 같다 Table. 1에서 보듯이 좌측 화상의 특징점과 우측화상의 특징점이 대응점이라는 정보는 화소의 위치와 (특히 Epipolar Line이 맞추어졌을 경우 수직 좌표값은 대응점일 경우 거의 같은 좌표값을 갖는다.) 그 내각의 값을 비교하므로써 쉽게 해결할수가 있다.

Table.1 Correspondance Information.

좌측	POSITION	81,152	95,109	146,188	165,162	147,125	97,125	109,163
화상	ANGLE	130	108	130	113	118	121	231
우측	POSITION	81, 98	96,131	146,131	165, 98	146, 68	95, 66	109,101
화상	ANGLE	132	114	123	115	125	111	230

4. 결 론

본 논문에서는 스테레오 정합을 위한 특징점 추출을 기존의 Feature-Based 정합 방법을 이용하여 물체의 Corner Point와 그 Corner가 인접한 Corner들과 이루는 각도를 특징점으로 하는 정합 알고리즘으로 접근을 시도하였다.

또, 종전에는 전처리 단계에서 에지를 구할때 Hough변환 등을 많이 이용해 왔으나 본 논문에서는 에지 끝점 연장법을 이용하여 처리해본 결과 신뢰성있는 결과를 얻을수 있음을 확인할 수 있었다.

기존의 특징점 추출 기법에는 본 논문에서 제안된 알고리즘보다 더 양호한 결과를 얻을 수 있는 방법들이 많지만 알고리즘 자체가 복잡하고 처리시간이 길어 경우에 따라서는 응용상에 제한이 따를수 있음에 착안하여 보다 간결하면서도 빠른 알고리즘으로 특징점 추출을 원할이 수행할 수 있는 방법으로 접근을 시도해 본 결과 제안된 알고리즘이 인간의 시각으로 인식할 수 있을 정도의 농도차만 있으면 비교적 정확히 물체의 구조 특징 추출이 되므로 그 실용성을 확인 할 수 있었다.

앞으로의 연구 과제는 구해진 정보들을 이용하여 거리 및 체적정보를 구하여 평가해 보고 보다 다양한 물체에 적용하여 타당성을 평가한 후 로봇트 비전 시스템에 실용화하는 방향으로 검토되어야 겠다.

참 고 문 헌

- (1) M. Yadhida, S. Tsuji, "A versatile machine vision system for complex industrial parts," IEEE Trans. on comput. Vol.26, No.9, pp.882-894,1977
- (2) S. Barned, M.A. Fisher, "Computational stereo," comput. survey, Vol.14, No.4, pp. 553-573, dec.1982
- (3) G. Medioni, R. Nevatia, "Segment-based stereo matching," CVGIP, Vol.31, pp. 2-18, 1982
- (4) R. Jarvsi, "A perpective on range finding technique for computer vision," IEEE. Trans on PAMI-5, No.2, pp.122-139, 1983
- (5) Ballard Brown, Computer vision, Prentice Hall
- (6) Berthold Klaus, Paul Horn, Robot vision, MIT Press 1986
- (7) S. D. Cochram, "Steps toward accuate stereo correspond," IUW, Proc. Vol. 2, pp. 777-791, Feb.1987
- (8) G. M. Mediani, R. Nevatia, "Segmentbased stereo mathing," CVGIP, Vol.31, pp. 2-18, 1985
- (9) H. Lynn Beus, "An improved corner detection algorithm based on chain-coded plane curves," PR, Vol.20, No.3, pp. 291-296, 1987
- (10) K. Paler, J.Foglein, "Local ordered gray levels as an aid to corner detection," PR, Vol. 17, No.5, pp. 535-543, 1984
- (11) H. Freenam, L. S. Davis, "A corner finding algorithm for chain-coded curves," IEEE Trans. Comput. C-26, pp. 297-303, 1977
- (12) 송무섭, 최환언, 김두영, "초기화상 분할에 의한 스테레오 영상의 대응점 탐색," 한국통신학회 부산. 경남지부 추계 학술 논문집, 1990. 11월
- (13) Takahashi H., Tomita F., "Algorithm for B-rep of Image," IECEJ Tech. Rep., PRU 86-87, Jan. 1987.
- (14) 최환언, 김두영, 안석출, 김석철, "구조특징을 이용한 스테레오 정합," 대한전자공학회 부산 .경남지부 추계학술논문집, 제2호, 1990.12월