

선형특징을 사용한 항공영상의 정합

정 재훈, 박 영태

경희대학교 전자공학과 컴퓨터비전 연구실

경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

E-mail: jaehunjeong@rocketmail.com

Aerial Scene Matching Using Linear Features

Jaehun Jeong, Youngtae Park

Dept. of Electronic Eng. Kyunghee Univ.

Abstract

Matching two images is an essential step for many computer vision applications. A new approach to the scale and rotation invariant scene matching is presented. A set of candidate parameters are hypothesized by mapping the angular difference and a new distance measure to the Hough space and by detecting maximally consistent points. The proposed method is shown to be much faster than the conventional one where the relaxation process is repeated until convergence, while providing robust matching performance, without a priori information on the geometrical transformation parameters.

I. 서론

두개의 영상을 정합 하는 것은 많은 컴퓨터 비전의 응용과정중 결정적인 요소이다. Grey 영상에는 정합에 적합하지 않은 불필요한 정보를 많이 포함하고 있으므로 신뢰도가 높은 영상 정합을 위해서는 영상을 간결하게 묘사하는 기법을 필요로 한다. 영상을 묘사하는 기법으로는 영역에 기반한 기법과 Edge 정보에 의한 기법이 널리 쓰인다.

영역에 기반한 정합[1-6]에서 자주 사용되는 특징들은 밝기, 결, 크기, 단순한 형태 정도, 영역 사이의 상호 위치 등이다. Edge 에 기반한 정합[7, 8]에서는 선 세그먼트의 방향, 크기 및 기하학적 연관성 등을 사용하여 Model 과 Scene 의 양립도(Compatibility)를 계산한다. 세그먼트의 상호 관련정보에 기초한 Relaxation 기법[1-8]은 model 과 scene 영상사이의 낮은 정합도를 갖는 세그먼트쌍들을 제거하는 과정을 수렴할 때까지 반복하는 기법으로서 정합쌍을 찾는데 널리 쓰이고 있다.

본 논문에서는 회전각도와 크기비율에 대한 사전 정보가 주어지지 않은 경우의 선형특징에 의한 영상정합 기법을 제시하며 그 주요 기법은 1) 선형특징 추출, 2) Intradistance ratio 를 사용한 Hough 공간에서의 회전각도 θ 와 크기비율 μ 의 추정, 3) Single-step Relaxation 과 Hough 기법에 의한 정합 세그먼트 쌍 검색, 4) θ 와 μ 최적화 등의 과정으로 구성된다. 본 논문에서 제안한 영상정합 기법은 새로운 거리척도인 Intradistance ratio 의 도입에 의해 추출된 선 세그먼트의 길이에 민감하지 않은 특성을 가지고 있다.

II. 영상표사기법

본 논문은 다음과 같은 과정으로 구성된 선형 특징 추출을 사용하였다.

선형특징 추출기법:

- 단계 1 : 5X5 Babu-Navatia edge mask[9]를 사용한 Edge 검출.
- 단계 2 : Edge 히스토그램의 상위 15 % 의 임계치에 의한 2진 영상생성.
- 단계 3 : Pavlidis 알고리즘[3]에 의한 세선화.
- 단계 4 : 연결된 Edge 점의 검색과 작은 연결점들의 제거.
- 단계 5 : Iterative end point fit 알고리즘에 의한 선형 세그먼트 생성.

단계 2 에서 최적의 임계치는 영상의 대비도와 복잡도에 따라 다르지만 본 논문에서는 15%의 고정 비율을 사용하였고 분할된 Edge 성분의 연결(Linking) 과정은 생략되었다. 그림 1은 위의 과정을 적용한 선형특징 추출기법의 예를 나타낸다.

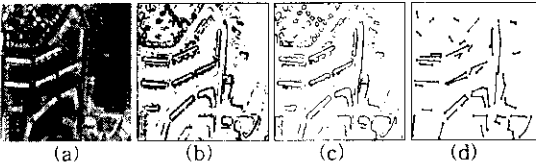


그림 1. 선형특징 추출

(a) Scene, (b) Thresholded edge image (15%),
(c) Thinned edge image, (d) Linearly approximated image.

III. 파라메터 추정기법

scene 과 model 은 선 세그먼트의 집합인 $A = \{ a_i | 1 \leq i \leq n \}$ $B = \{ b_j | 1 \leq j \leq m \}$ 로 나타내어 지고 a_i 는 scene 의 i 번째 세그먼트를 나타내고, b_j 는 model 의 j 번째 세그먼트를 나타낸다. a_i 의 2개 끝점은 a_i^1, a_i^2 로 표시한다. b_j 의 경우도 마찬가지로 표시된다. a_i 와 b_j 가 일치할 가능성은 $P(i, j)$ 로 표시하며 1 또는 0의 값을 갖는다. 정합과정의 목적은 $P(i, j)=1, \sum_k P(k, j)=1, \sum_i P(i, s)=1$ 의 조건을 만족하며 기하학적으로 일치하는 쌍 (i, j) 을 찾는 데 있다. 따라서 세그먼트의 각도차이와 세그먼트 중심점 사이의 거리 비율을 사용하여 대략적인 회전각도 θ 와 scale factor μ 를 추정하는 기법을 다음과 같이 제안한다.

θ 와 μ 의 추정기법:

- 단계 1: 모든 (i, j) 쌍에 대해 각도 차이 θ_{ij} 를 계산한다.
- 단계 2: θ_{ij} 의 Hough 공간상의 모든 Bin θ_j 에 대해 { 현재 bin θ_j 에 속하는 segment 의 집합을 G_j 라 표시한다. G_j 에 속한 모든 쌍 (i, j) 와 (k, s) 의 모든 조합에 대해 $\mu_{i,k} = d(\bar{a}_i, \bar{a}_k) / d(\bar{b}_j, \bar{b}_s)$ 를 계산한다. 여기서, \bar{a}_i 는 i 번째 scene segment 의 중간점, \bar{b}_j 는 j 번째 model 세그먼트를 나타내고, $d(\cdot, \cdot)$ 는 두 점 사이의 유클리드 안 거리를 나타낸다.) $\mu_{i,k}$ 의 Hough 공간에서 k 번째 bin의 accumulator 값과 크기비율을 각각 δ_{jk}, μ_{jk} 로 표시한다. }
- 단계 3: 회전각도와 크기비율의 추정값으로서 δ_{jk} 의 큰 값과 연관된 θ_j 와 μ_{jk} 를 선택한다.

단계 2에서의 중간점사이의 거리(Intradistance) 그림 에는 아래 그림 2에 나타내었다.

IV. 영상정합기법

위에서 계산된 회전각도 θ_j 와 크기비율 μ_{jk} 은 다

음과 같은 정합과정에 의해 검증된다.

IV.1 양립계수 (Compatibility measure)

모델 세그먼트 b_j 가 a_i 에 정합되었을 때 (a_k, b_s) 의 정합정도를 $F(i,j,k,s)$ 로 나타내면 $F(i,j,k,s)$ 는 다음과 같이 주어진다. 그 예는 그림 4에 나타내었다.

$$F(i, j, k, s) = \text{Min}(\text{Max}(DX(L_1, a_i^1), DX(L_1, a_k^1)), \text{Max}(DX(L_2, a_i^2), DX(L_2, a_k^2)))$$

여기서, $DX(L_n, P)$ 는 L_n 까지 점 P로부터의 수직 거리를 나타낸다. b_j 가 a_i 에 정합되었는지는 다음과 같은 양립계수(Compatibility measure) $C(i,j)$ 에 의해 결정된다.

$$C(i, j) = \sum_{(k,s)} S(F(i, j, k, s) - T) \cdot S(F(k, s, i, j) - T)$$

$$S(x) = 1 \text{ for } x < 0, S(x) = 0 \text{ for } x > 0.$$

IV. 2 고속 영상정합 기법

Relaxation 과 Hough 기법에 의한 영상정합기법:

- Step 1: Initialize $P(i,j) = 1$, for all (i,j) ;
- Step 2: for all (i,j) pairs { if $(P(i,j) = 1)$ { Compute the compatibility measure $C(i,j)$; if $(C(i,j) < Q)$ $P(i,j) = 0$; } }
- Step 3: Transform geometrically b_j 's to the scene using μ_{jk} and θ_j ; Apply Hough distance technique for all (i,j) pairs having $P(i,j) = 1$; Detect D_x and D_y associated with the largest number of accumulator; $P(i,j) = 0$ for all (i,j) pairs if the distance difference between a_i and b_j is not similar to D_x and D_y ;
- Step 4: for all j { If $(\sum_i P(i,j) > 1)$ select (k,j) pair, where $C(k,j)$ is the maximum, and $P(i,j) = 0$, for all other pairs; }
- Step 5: for all i { If $(\sum_j P(i,j) > 1)$ select (i,s) pair, where $C(i,s)$ is the maximum, and $P(i,j) = 0$, for all other pairs; }
- Step 6: Compute the rotation angle by averaging the angle difference (i,j) pairs having $P(i,j)=1$; Compute the translation vector (D_x, D_y) such that minimizes the mean square error of the distance between a_i and transformed b_j for all (i,j) pairs having $P(i,j)=1$;

정합 과정을 고속화 하기 위해서 1회의 relaxation 을 수행하고 scene 세그먼트 에서 최소한 하나정도의 쌍을

이루는 model의 선 세그먼트를 다음과 같이 scene 좌표계로 변환한다.

$$x' = \mu_{jk} \cdot \cos(\theta_j) \cdot x - \mu_{jk} \cdot \sin(\theta_j) \cdot y$$

$$y' = \mu_{jk} \cdot \sin(\theta_j) \cdot x + \mu_{jk} \cdot \cos(\theta_j) \cdot y$$

여기서, (x', y') 와 (x, y) 는 scene 과 model 의 좌표를 나타낸다. 변환된 model 세그먼트와 일치하는 scene 세그먼트 사이의 거리는 모든 정합쌍에 대해 유사해야 하기때문에 accumulator 의 가장 큰 수와 연관된 오직 한 쌍만이 두 개 영상의 올바르게 정합된 쌍으로 선택된다.

V. 실험결과 및 고찰

본 선형특징과 parameter 평가를 포함하고 있는 알고리즘은 SPARC 20 workstation환경하에서 MOTIF를 이용한 C 로 구현하였다. 그림 1에서 일련의 과정을 보여 주고 있다.

Edge는 Babu-Nevatia 마스크[9]를 사용하였고, threshold 값은 상위 15%의 histogram의 grey level 값으로 했다. 세선화 된 edge point 로부터 반복적으로 검출된 연결된 edge점들은 그림 1(d)에서 보는 바와 같이 조각 선형 세그먼트 에 의해 근사화 된다. 약, 10 pixel 이하의 길이를 가지는 작은 선 세그먼트 는 추출의 수준을 높이기 위해 없앤다.

그림 3(a)와 (d)에서 주어진 model과 scene 영상에 대해 위에서 설명한 방법을 사용하여 평가된 θ 와 μ 는 Table 1과 같다. Hough 공간에서의 bin들의 허용범위는 θ 에 대해선 10° , μ 에 대해선 0.2 이다. Hough 공간에서의 최대치와 관련한 parameter 들은 별표들로 표시되었다. 가장 큰 신뢰도 양 δ 와 관련된 θ 와 μ 는 75° 와 0.81 이다. 반면 true 값은 70° 와 0.67 이다. 이 평가와 정합 과정을 이용하여 model 과 scene 을 정합시킨다. 그림 3(c)와(f)는 두개의 영상이 일대일 대응으로 선 세그먼트 가 정합됨을 보여 주고 있다. 선 세그먼트 의 정합쌍이 찾아지게 되면 θ 와 μ 의 초기 값이 이동 벡터와 정합 쌍을 이용하여 적당히 조절된다. Model과 model 의 선 세그먼트 는 기하학적으로 변환 되고, 그림 3(f) 와 (i) 에서 보여 주듯이 $\theta, \mu, (\Delta x, \Delta y)$ 를 사용하여 scene 의 좌표상에 겹친다. 그림 5에서 선 세그먼트 의 방향과 길이에 강함을 실험 하기 위해, 우리는 정합 방법을 경사각에서 본 영상에 적용시켰다. 영상의 왼쪽과 오른쪽에 가까운 세그먼트 의 방향이 많은 (35° 정도)변화 되었기 때문에, 정합 세그먼트 의 수는 상당히 줄어든다. 하지만, 선 세그먼트 의 부분집합을 사용하여 육안으로 확인 할수있는 확실한 정합결과를 얻을 수 있다. 이 실험에서 정합알고리즘이 매우 강력함을 알수 있다. 그림 6은 고속정합을 부분적으로 가려진 부품영상에

적용한 결과로서 크기와 회전방향에 관계없이 건설한 수행결과를 볼 수 있었다.

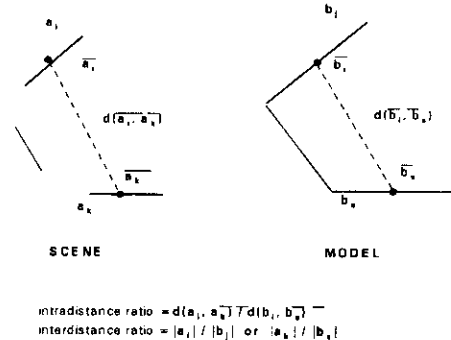


그림 2. Intradistance 비율의 예

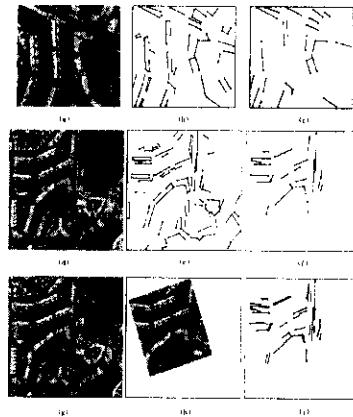


그림 3. 고속 알고리즘을 사용한 항공영상 정합의 예 ($\mu=0.67, \theta=70^\circ$)

- (a)Model영상 (b)Model선 세그먼트 (c)정합된 model선 세그먼트
- (d)Scene 영상 (e)Scene선 세그먼트 (f)정합된 scene선 세그먼트
- (g)중첩된 영상 (h)변환된 영상 (i)변환된 선 세그먼트

Table 1. Estimation of θ and μ on Fig. 3. (True $\theta = 70^\circ, \mu = 0.67$)

Estimated θ	Accumulator value	Estimated μ	Reliability Measure δ
104	346	0.53	576
61	434	0.58	1330
4	414	0.70	582
144	334	0.67	328
161	426	0.62	747
90	329	0.73	302
75	469	0.81	2192*
48	381	0.42	1273
19	345	0.74	534
33	339	0.50	609

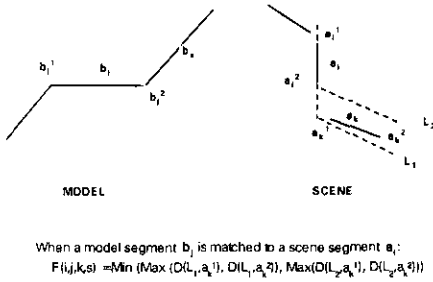


그림 4. 불변정합을 위한 양립계수 계산

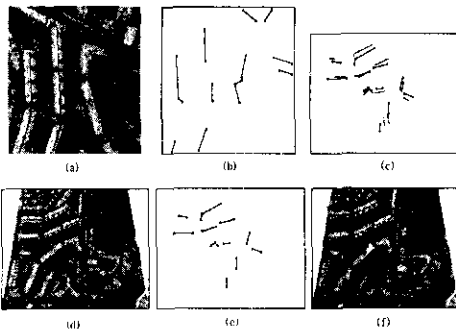


그림 5. 경사진 영상의 정합

(a) Model image (b) Matched Model line segments
 (c) Transformed line segments (d) Scene image
 (e) Matched scene line segments (f) Overlaid image

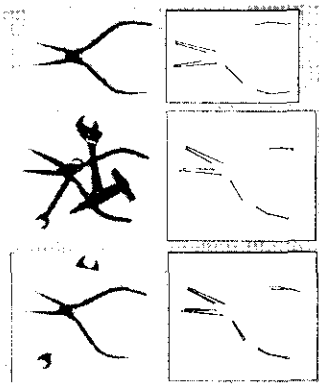


그림 6. 고속 알고리즘을 사용한 부품영상 정합의 예
 ($\mu=0.96$ $\theta=11.3^\circ$)

VI. 결론

두 영상사이의 변환 parameter를 평가하는 새로운 방법과 single-step relaxation과 Hough기법으로 구성된

고속선형 정합 알고리즘을 제시 하였다. 양립 계수가 낮은 기하학적으로 불일치하는 쌍의 수를 제거하는 목적으로 relaxation을 사용하였다. 유사한 기하학적 특징을 갖는 model의 선형특징의 몇몇으로 인해 scene과 다중 일치율을 가진다. relaxation의 단일 반복에 의해 야기된 다중 대응을 변화시키기 위해서 여기서는 Hough 기법을 적용시켰다. 여기서, accumulator와 연관있는 이동벡터는 Hough 공간에서 검출된다. 다른 연구와는 달리 우리의 방법은 전처리 과정에서 추출된 선 세그먼트의 길이에 좌우 되지않는 강력한 실행을 보여주고있는 정합에 의해 특징 지어진다. 이 강력한 길이에 는 민감하지 않지만, 기하학적 위치와 방향에는 민감한 세그먼트 사이의 새로운 일치도를 사용함으로써 이루어진다. 또한 효과적인 parameter 평가 방법의 사용은 scale과 회전 factor 에 불변인 병합 과정을 이룬다.

참고문헌

- [1] A. Rosenfeld, R. Hummel, and S. Zucker, "Scene labeling by relaxation operations", IEEE Trans. System man Cybernet. SMC-6, 420-453, (1976).
- [2] O. Faugeras and K. Price, "Semantic description of aerial images using stochastic labeling", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., PAMI-3, 638-642, (1981).
- [3] T. Pavlidis, "Algorithms for Graphics and Image Processing", Computer Science Press, (1982).
- [4] K. E. Price, "Hierarchical matching using relaxation", Comput. Graphics and Image Processing, 34, 66-75, (1986).
- [5] L. Kitchen and A. Rosenfeld, "Scene analysis using region-based constraints filtering", Pattern Recognition, 17, 189-203, (1984).
- [6] K. Price, "Relaxation matching techniques - A comparison", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., PAMI-7, 617-623, (1986).
- [7] J. K. Cheng and T. S. Huang, "Image registration by matching relational structures", Pattern Recognition, 7, 189-203, (1984).
- [8] G. Medioni and R. Nevatia, "Matching images using linear features", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., PAMI-6, 675-685, (1984).
- [9] R. Nevatia and K. R. Babu, "Linear feature extraction and description", Comput. Graphics and Image Processing, 33, 257-269, (1980).
- [10] M. Suk and S. Oh, "Region adjacency and its application to object detection", Pattern Recognition, 19, 161-167, (1986).