

에지 특성을 이용한 영역기반 정합의 개선

이동원, 한지훈, 박찬웅, 이쾌희
서강대학교 공과대학 전자공학과

An Improvement of Area-based Matching Algorithm Using Edge Features

Dong WonLee, Ji Hoon Han, Chan Eung Park, Kwae Hi Lee
Department of Electronic Engineering, Sogang University

Abstract

There are two methods to get 3-dimensional information by matching image pair: feature-based matching and area-based matching. One of the problems in the area-based matching is how the optimal search region which gives accurate correlation between given point and its neighbors can be selected.

In this paper, we proposed a new area-based matching algorithm which uses edge-features used in the conventional feature-based matching. It first selects matching candidates by feature-based method, and matches image pair with area-based method by taking these candidates as guidance to decision of search area.

The results show that running time is reduced by optimizing search area (considering edge points and continuity of disparity), keeping on the precision as the conventional area-based matching method.

할 수 있지만 처리 시간이 특징기반 정합의 그것에 비해 상당히 길어 실시간 처리의 구현에 어려움이 있다. 특히 영역기반 방법은 탐색 영역을 어떻게 설정하는가에 따라 정합의 정확도와 수행시간 면에서 많은 변화를 보인다.

본 논문에서는 자연 영상을 대상으로 하기 때문에 정합 대상 지역의 고도가 연속적으로 변화한다는 시차(disparity)의 연속성을 가정하고 에지점을 이용해 탐색 영역을 최소화하는 과정을 제안하였다. 즉, 참조 영상(reference image)의 에지 점들을 우선적으로 정합하여 시차를 구한 뒤, 이들 에지 점들을 정합하여 얻은 시차를 탐색영역을 최소화하는 매개 변수로 사용하여 얻은 결과를 보임으로써 그 유용성을 보였다.

1. 서론

컴퓨터 시각(computer vision)에 관한 연구의 궁극적인 목적은 컴퓨터로 입력된 영상으로부터 유용한 정보를 이끌어냄으로써 인간 지각 능력과 유사한 인지 능력을 컴퓨터에 부여하는 데 있다. 특히 두 장의 영상을 이용하여 영상에 나타난 물체나 영상을 취득한 센서의 상대적인 위치변화를 알아내는 연구는 컴퓨터 시각의 한 분야로서 자동 추적 시스템(Autotracking System), 비행기 항법(Aircraft Navigation)등에 활용되고 있다.

이 과정에서 가장 핵심이 되는 것이 정합 과정인데 이 과정에는 영역기반 정합방법과 특징기반 정합방법이 있다. 특징기반 정합방법은 처리 시간면에서 영역기반 정합방법에 비해 매우 유리하지만 한 화소 단위의 조밀한 정합 결과를 얻기가 힘들다. 반면에 영역기반 정합방법은 한 화소 단위의 정확하고 조밀한 정합을 수행할

2. 영상 취득 및 에지의 검출

이 논문에서 이용한 영상은 비행체에 CCD 카메라를 탑재하여 3000~4000 feet 상공에서 취득한 항공 영상이다. 우리나라 지형의 특성상 취득된 영상에 나타난 대부분의 지형이 산악 지역이고 약간의 도로망과 평야 지역이 포함되어 있을 뿐이므로 산악 지형에 적용이 가능하고 동시에 실시간 처리를 수행할 수 있는 정합 방법이 요구된다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하기 위해서는 에지점들의 검출이 필요한데, 본 연구에서는 gradient 에지 연산자[6]를 이용하였다. 기존의 LoG (Laplacian of Gaussian)필터는 영상의 잡음을 제거하고 강한 성분의 에지만을 찾아내기 위한 연산자이지만 에지부분까지 평활화되어 정확한 에지점을 찾지 못할 우려가 있으며 또 라플라시안을 수행한 후에 영교차점을

결정하는 과정에서도 정확한 에지점을 찾지 못하는 경우가 있다. 이런 점을 보완하기 위해서 원 영상의 한 행에 해당하는 영상 강도 단면에 대해 아래 식(1)과 같은 gradient 연산자를 적용하여 에지의 강도를 구한다.

$$e(i, j) = |p(i, j+1) - p(i, j-1)| \dots (1)$$

여기서 $p(i, j+1)$ 는 영상의 (i, j) 번째의 화소의 밝기를 나타낸다. 즉 한 행의 에지 강도 단면에서 실제 에지에 해당하는 부분은 그 값이 임계값 보다 크고 국부 최대치를 갖는 부분이므로 이에 대해서만 영교차점 에지를 검출한다. 이 방법을 취하면 기존의 LoG 에지 검출 방법보다 더 많은 에지 정보를 갖게 되므로 본 논문에서 요구하는 더 많은 탐색 영역의 기준점을 얻을 수 있다.

3. 스테레오 정합

두 장의 스테레오 영상쌍으로부터 깊이정보를 추출하는 스테레오 정합 방법에는 크게 특징기반 정합과 영역기반 정합방법이 있다.

가. 특징기반 정합방법

특징기반 정합방법은 영상의 화소값대신 영상으로부터 추출해낸 특징들을 사용하여 정합을 수행하는 방법으로 두 영상간의 화소값의 차이나 영상 취득시의 광원의 변화등에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 정합에 일반적으로 사용되는 영상의 특징에는 에지점과 에지 선분이 있다. 이 방법은 영상의 특징들만을 정합하면 되므로 주어진 모든 화소를 정합하는 영역기반 정합방법에 비해 처리시간이 짧다는 장점과 동시에 사용하는 특징이 영상 내에 고루 분포하지 않는 경우에 정확도가 저하되고 또 특징 추출이 어려운 영상에서는 사용하기 어렵다는 단점을 동시에 지니고 있다. 대표적인 특징기반 정합방법으로는 Marr와 Poggio가 제안한 알고리즘[7]을 들 수 있고, 이외에도 Ayache-Faverjon의 segment-based 정합 알고리즘[2] 등이 이용된다.

나. 영역기반 정합방법

영역기반 정합방법은 영상의 한 점에 대한 대응점을 찾기 위해 공간상에서의 인접한 지역을 나타내는 주변

화소들을 고려하여 다른 영상에서의 한 점에 대한 주변 화소들간의 비교를 통해 참조영상내의 지역과 가장 비슷한 부분을 정합점으로 선정하는 방법이다. 이 때 두 대응점 사이의 유사도를 구하기 위해서 일반적으로 함수의 형태를 이용하며 보통 상관계수 (Correlation Coefficient) 를 이용한다. 즉, 참조 영상내의 한 점에 대해 창틀을 씌우고, 다른 영상내의 정합 후보점들에 각각 창틀을 씌워, 두 창틀간의 유사도를 계산하고, 가장 높은 유사도를 갖는 점을 정합점으로 선택하는 방법이다. 이 방법은 화소의 gray level을 정합의 기준으로 사용하므로 영상 취득시의 illumination, contrast의 변화와 영상 취득시의 카메라 자세에 따른 영상의 왜곡등에 많은 영향을 받는다는 단점을 갖고 있지만 뚜렷한 특징이 없는 영상에서도 정합을 수행하고, 주어진 모든 화소를 정합함으로써 특징기반 정합에서와 같이 내삽할 필요가 없으므로 특징기반 정합에 비해 대상지역의 정밀한 복원이 가능한 장점이 있다. 반면 주어진 화소 전체를 정합하여 복원을 수행하므로 처리 시간이 매우 길어진다는 단점이 있다.

4. 유사 함수의 적용

영역기반 정합방법은 참조 영상의 창틀과 정합 대상 영상의 창틀과의 유사도를 비교하여 가장 유사도가 큰 점을 정합점으로 결정하는 방법이다. 따라서 두 창틀간의 유사도를 결정하기 위한 유사함수가 필요하게 되는데 이들 유사함수에는 표 1에 나타난 바와 같이 여러가지가 있다.

유사함수	표현식
CC	$E[W_r W_s(p, q)]$
CV	$E[(W_r - E[W_r])(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])]$
NCC	$\frac{E[W_r W_s(p, q)]}{(E[W_r^2] E[W_s^2(p, q)])^{1/2}}$ or $\frac{E[W_r W_s(p, q)]}{(E[W_s^2(p, q)])^{1/2}}$
NCV	$\frac{E[(W_r - E[W_r])(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])]}{(E[(W_r - E[W_r])^2] E[(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])^2])^{1/2}}$ or $\frac{E[(W_r - E[W_r])(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])]}{(E[(W_s(p, q) - E[W_s(p, q)])^2])^{1/2}}$
NMSD	$-E[(W_r - E[W_r] - W_s(p, q) + E[W_s(p, q)])^2]$
NMAD	$-E[W_r - E[W_r] - W_s(p, q) + E[W_s(p, q)]]$

표 1. 여러가지 유사함수의 종류

$$* \text{ 단, } E[\] = \frac{\sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{W-1} [\]}{\text{window size}}$$

본 연구에서는 참고문헌 [8] 을 참조하여 성능이 가장 뛰어나다고 알려진 NCC(Normalized Cross Correlation) 과 NCV(Normalized Cross Covariance) 함수 중 NCV 를 이용하여 영상을 정합하였다.

5. 탐색 영역의 설정

탐색영역과 알고리즘의 수행시간은 서로 상충하는 판 제를 가지고 있으며, 대다수의 기존의 영역기반 정합방 법들은 탐색영역을 결정하는 데 있어서 실험적인 방법 을 사용하고 있다. 본 연구에서는 에지점들의 미리 정 합하여 얻은 시차정보를 이용하여 에지점 이외의 각 화 소들의 시차정보를 예상함으로써 탐색영역을 줄이는 알 고리즘을 제안하였다.

가. 시차의 연속성

두 장의 항공 영상쌍으로부터 각 화소들간의 시차를 알아 낼 수 있다면 그림 1에서 대상지역의 3차원 정보 를 다음 식 (2)와 같이 알아 낼 수 있다.

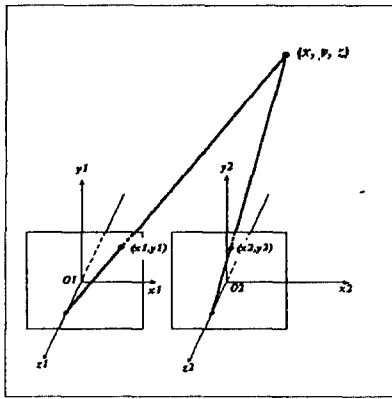


그림 1. 스테레오 영상 시스템

$$f-z = \frac{fd}{x_1 - x_2} \dots \dots (2)$$

단, d는 O1과 O2사이의 거리.

만약 대상지역의 대략적인 높이의 범위를 알 수 있다 면, 양쪽 영상에 나타나는 시차의 변이를 어느 정도의 범위내에서 예측 할 수 있다.

본 연구에서 정합의 대상으로 사용한 영상은 자연영 상, 그중에서도 항공영상이다. 우리나라의 특성상 대부

분의 항공영상에는 산악지형이 포함되게 되는데 이들 산악지형은 대부분 완만한 기울기를 가지고 있다. 따라 서 인접하고 있는 화소의 시차정보는 연속적이라고 가 정할 수 있다. 이 연속성의 가정에 기초하여 본 연구에 서는 먼저 참조영상의 에지점들에 대해 정합을 수행하 여 이 에지점들의 시차정보를 미리 구한 후, 공선 상에 서 이 에지점들 사이의 화소들은 모두 인접한 에지점이 가진 시차와 비슷한 시차를 가질 것이라는 가정을 이용 하였다.

나. 알고리즘의 개요

연속성의 가정에 기초하여 인접한 두 화소의 시차는 서로 비슷한 시차를 가질 것이다. 본 연구에서는 그림 2과 같이 공선 상의 각각의 에지점들에 대한 시차정보 를 미리 구한 후 사이점들의 시차정보를 미리 예측하여 탐색영역을 줄이는 방법을 이용하였다.

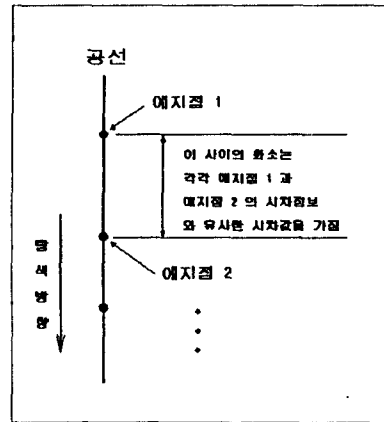


그림 2. 탐색영역 감소 알고리즘

알고리즘의 개요는 다음과 같다.

- ① 공선 상에서 서로 인접하고 있는 두 에지점 1, 2 의 시차를 구한다.
- ② 두 에지점 사이의 화소들을 유사함수를 이용 하여 정합한다. 이때의 탐색영역은 아래와 같 이 결정한다.
- ③ (i) 두 에지점의 시차가 탐색방향으로 감소하 는 방향일 때, 탐색영역을 에지점 1 의 시 차값을 중심으로 감소하는 방향으로 설정 한다.
(ii) 시차가 증가하는 방향일 때, 탐색영역을

에지점 1의 시차값을 중심으로 증가하는 방향으로 설정한다.

(iii) 시차가 동일할 때, 탐색영역은 두 에지점의 시차값을 중심으로 좁게 설정한다.

④ 각각의 인접한 두 에지점 쌍에 대해 ①~③의 과정을 반복한다.

6. 결과 및 분석

실험에는 실제 비행체에 CCD 카메라를 탑재하여 대전 근교의 산악지대 약 4000 feet 상공에서 10초 간격으로 취득한 두 장의 영상을 사용하였다. 두 장의 영상의 중복도는 약 50% 정도로서 이 영상을 그림 3에 나타내었다.

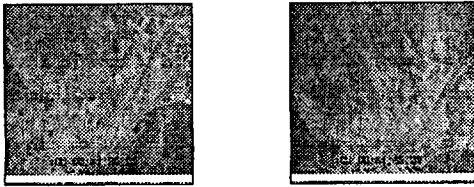


그림 3. 실험에 사용한 항공 영상쌍

그림 3의 왼쪽 영상을 참조(reference) 영상으로 하여 식 (1)을 적용하여 얻은 gradient 에지를 그림 4에 나타내었다.

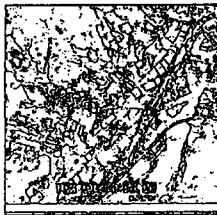


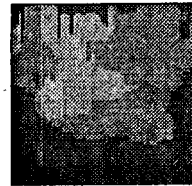
그림 4. 참조 영상에 gradient 에지 연산자를 적용한 결과

가. 정합 결과

그림 3의 항공 영상쌍을 이용하여 유사함수로서 NCV (Normalized Cross Covariance)를 이용하여 기존의 영역기반 정합방법으로 정합한 결과를 다음 그림 5의 왼쪽에, 항공 영상쌍과 그림 4의 에지점들을 이용하여

본 논문에서 제안한 알고리즘으로 정합한 결과를 그림 5의 오른쪽에 각각 나타내었다.

결과에서 볼 수 있듯이 기존의 영역기반 정합방법과 본 논문에서 제안한 알고리즘으로 정합한 결과가 거의 유사함을 알 수 있다.

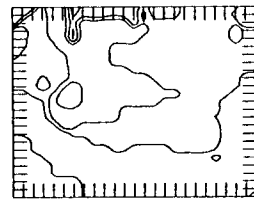


기존의 영역기반 정합

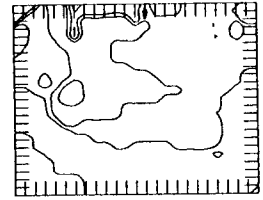


에지특성을 이용한 영역기반 정합

그림 5. 정합을 수행하여 얻은 시차 지도



기존의 영역기반 정합



에지특성을 이용한 영역기반 정합

그림 6. 시차 지도로부터 고도 정보를 추출한 결과

나. 수행 시간

기존의 영역기반 정합방법과 제안한 알고리즘으로 정합을 수행하는데 소요된 시간을 비교하여 그 결과를 다음 표 2에 기록하였다. 유사함수는 두 방법 모두 NCV를 사용하였으며, 정합 threshold는 0.8로 주었다.

	최소 탐색영역	수행 시간
기존의 영역기반 정합방법	11×5	811.69 sec.
에지점을 이용하는 알고리즘	7×3	544.75 sec.

표 2. 각 알고리즘의 처리시간

* 80486-DX II 50MHz
시스템에서 수행한 결과

표 2에 나타난 결과로부터 새로 제안한 알고리즘이 기존의 영역기반 정합방법보다 약 33%정도 처리시간이 단축된 것을 알 수 있다.

7 결론

본 연구에서는 에지점을 미리 정합함으로써 탐색영역을 설정하는 기준으로 이용하여 처리시간을 단축하는 알고리즘을 제안하고 실험하였다. 그 결과는 정합의 정확도는 기존의 영역기반 정합방법과 동일하게 유지하면서, 처리시간 면에서는 약 33%의 개선된 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 기존의 영역기반 정합의 최대 단점인 수행시간에 대한 문제로 생기는 실시간 구현에 대한 문제를 어느 정도 해결할 수 있을 것이다.

8. 참고 문헌

- [1] 김 정기, 엄 기문, 이 쾌희, 박 래홍, "GCP 측량 불가능 지역의 SPOT 위성 모델링에 관한 연구," 1992년도 제 5 회 신호처리 합동학술대회 논문지, Vol. 5, No. 1, pp. 226~231, 1992.
- [2] N. Ayache and J. Faucher, "Efficient registration of stereo images by matching graph descriptions of edge segments," *Int. J. Computer Vision*, pp. 107~131, 1987.
- [3] 강 민석, 박 래홍, 이 쾌희, "연속 항공의 스테레오 모델링에 의한 지형 정보 복원," 1992년도 제 5 회 신호처리 합동학술대회 논문집, 제 5 권 제 1 호, pp. 267~270, 1992.9.
- [4] Y. Bresler and S. J. Merhav, "Recursive image registration with application to motion estimation," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, Vol. ASSP-35, pp. 70~85, Jan. 1987.
- [5] Y. Shirai, *Three-Dimensional Computer Vision*. New York : Springer-Verlag, 1987.
- [6] 최 우영, "스케일 공간의 지문영상을 이용한 스테레오 정합 및 3차원 깊이 보간," 서강대학교 대학원 전자공학과 박사학위 논문, 1991.
- [7] Marr, D., Poggio, T. "A Computational Theory of Human Stereo Vision," *Proc. Roy. Soc. (London)*, B 204, pp. 301~328, 1979.
- [8] 황 윤식, "연속 항공 영상에서의 상대적 이동벡터 추정에 관한 연구," 서강대학교 대학원 전자공학과 석사학위 논문, 1991.