

스테레오 영상 정합에 의한 DEM 추출

김한영, 우동민
 명지대학교 정보제어공학과

Extracting DEM by using Stereo Image Matching Technique

Hanyoung Kim, Dongmin Woo
 Dept. of Information & Control Eng., Myong-ji Univ.

Abstract - The application of the aerial images are to find the 3-D elevations. Image matching techniques such as Multi-resolution techniques, WCC (Weighted Cross-Correlation), NSSR (Narrow Search Sub-pixel Registration) that we know robustly apply to images which have enough features. But the method is not adaptive in images which have not enough features due to increasing of disparity errors. In this paper, we propose Disparity Interpolation that decrease disparity errors occurring in the area where images have not enough features. By using real aerial images we compare the result from existing image matching techniques to the result from proposed method.

1. 서 론

항공기나 위성에 의해 취득된 영상을 이용한 가장 기본적인 중요한 적용 분야는 겹쳐져 취득된 스테레오 영상으로부터 3차원 상의 높이를 알아내는 것이다[1]. 본 논문에서는 영역 기반 스테레오 영상 정합에 기존의 다 해상도 기법, WCC (Weight Cross-Correlation), NSSR (Narrow Search Sub-pixel Registration)[1,4]에 새롭게 Disparity 보간법을 제안한다. 기존의 정합 방법들은 특징이 많은 영상 즉 고 주파수의 영상에서 강인하게 적용된다. 하지만 특징이 적은 영상이나 특징부가 일정 영역에 편중된 영상에서는 정합 할 때 많은 disparity error가 나타난다. 이를 보완하기 위해 Disparity 보간법을 사용하여 정확한 disparity를 구할 수 없는 영역을 구하지 않고 주변 disparity 값을 이용하여 보간한다.

스테레오 영상을 이용하여 3차원 상의 높이를 취득하기 위한 과정은 2.1절의 영상 정합을 위한 전처리 과정과 2.2절의 영상 정합 과정[1,2,4], 그리고 2.3절의 DEM 추출과정으로 구성된다. 2.4절에서는 실제 항공 영상을 통한 실험에 의해 제안된 방법을 기존의 영상 정합 기법에 의한 결과와 비교한다.

2. 본 론

2.1 전처리 과정

스테레오 영상을 정합하기 위해서는 2차원 즉 x,y축으로 정합을 해야 한다. 그러나 Epipolar Geometry를 사용하여 2차원으로 정합을 해야하는 것을 1차원 즉 x축으로 줄일 수 있다.

2.1.1 Epipolar Geometry

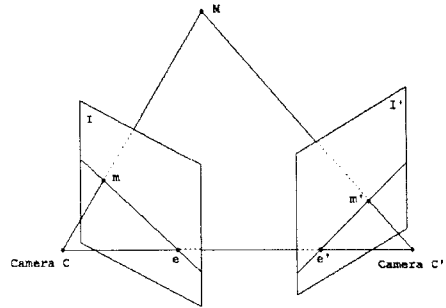


그림 1. Epipolar Geometry

그림 1에서 I 영상의 Camera 초점 C와 I' 영상의 Camera 초점 C', 그리고 실세계의 좌표 M, 이 세점을 연결하여 생긴 평면을 Epipolar 평면이라 하고, 이 평면과 각 영상이 교차하는 선분을 Epipolar 선분이라 한다. 그림 1에서 \overline{me} , $\overline{m'e'}$ 가 Epipolar 선분이다 [3,6]. \overline{me} 상의 점은 $\overline{m'e'}$ 상에 있어서 이 Epipolar 선분을 다른 새로운 영역에 resampling 하여 새로운 영상을 생성한다. 이때 resampling된 영상은 y축은 동일하고 x축으로만 다르다. 그러므로 정합할 때 동일한 y축에 대해 x축으로만 정합을 하면 된다.

2.2 영상 정합

스테레오 영상 정합 방법은 크게 영역 기반 정합 방법과 특징 기반 정합 방법으로 나누어진다. 영역 기반 정합 방법은 pixel들이 이루는 의미 있는 영역들간의 상관관계를 이용하여 정합하는 방식이고, 특징 기반 정합 방법은 영상의 밝기 정보로부터 추출된 특징을 이용하여 정합하는 방식으로 본 논문에서는 영역 기반 방식을 사용한다.[2]

2.2.1 다 해상도 기법

영상의 해상도를 1/4로 줄여 다 단계로 나누어서 가장 해상도가 낮은 영역부터 처리하는 방식으로 해상도가 가장 낮은 영역에서 정합을 하고 그 정합에 의해 구해진 disparity 값을 기억하여 다음 해상도에서 target 영상의 disparity에 2배로 영향을 가한다. 이를 해상도가 가장 높은 영역까지 계속한다[1,4]. 해상도가 가장 좋은 영상에서만 정합을 할 경우 특징이 적은 영상에서 정합 할 때 다른 영상의 정확한 정합 위치를 찾지 못한다. 그러므로 다 해상도 기법을 사용하여 탐색 구간의 초기화를 할 수 있을 뿐만 아니라 탐색 구간을 줄여 속도를 개선한다.

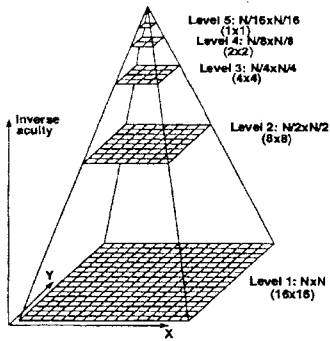


그림 2. 영상의 피라미드 모델

2.2.2 WCC (Weighted Cross-Correlation)

스테레오 영상의 상관 관계를 구하는 방식으로 $m \times n$ 윈도우의 중앙에서 외각으로 weight의 차이를 준다.

$$wc = \frac{\sum_m \sum_n (R_{mn} - \bar{R})(T_{mn} - \bar{T})A^2}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (R_{mn} - \bar{R})^2 A^2)(\sum_m \sum_n (T_{mn} - \bar{T})^2 A^2)}} \quad (1)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{mn} \sum_m \sum_n R_{mn} A \quad (2)$$

$$\bar{T} = \frac{1}{mn} \sum_m \sum_n T_{mn} A \quad (3)$$

$$A = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

\bar{R}, \bar{T} 는 두 영상 영역의 평균.
A는 weight 함수.

WCC의 정합 공식은 식(1)과 같고 식(2),(3)은 reference와 target 영상 윈도우의 weighted 평균이고 weight는 식(4)의 가우시안 함수를 이용하여 weight를 준다. 일반 적인 CC (Cross-Correlation)[7,8]는 영역 기반 정합에서 주변 pixel의 영향을 많이 받는다. 하지만 WCC는 중간 값에서부터 weight를 주어서 주변 영역의 영향을 최소화할 수 있다. 뿐만 아니라 투영 왜곡에 쉽게 적용한다.

2.2.3 NSSR (Narrow Search Sub-pixel Registration)

스테레오 영상 정합에서 정합 계수를 구해 최대인 위치를 구할 때 pixel인 정수 단위로 disparity가 나타나게 된다. 그러나 이때 구해진 disparity가 최적의 값이 아닐 수 있다. 그러므로 탐색 구간의 disparity를 구해서 다시 2차 함수로 fitting을 시켜서 그 2차 함수의 최대 값을 구한다. 이때 구해진 disparity는 소수점 단위로 나타난다. 이를 영상에 적용할 때는 선형 보간 방법을 사용하여 영상을 보간한다.[1,4,5]

2.2.4 Disparity 보간법

정합을 할 때 탐색 구간 내에 특징이 적은 영상일 경우 정확한 정합을 할 수 없고, 최적의 disparity를 구할 수 없다. 이때 정확한 정합치를 구할 수 없는 구간에서는 disparity를 구하지 않고 이전과 이후의 disparity 값에 의해 보간한다. 이때 보간하는 방법 역시 선형 보간을 사용한다.

2.3 3차원 영상 복원

스테레오 영상 정합에 의해 구해진 Disparity Map

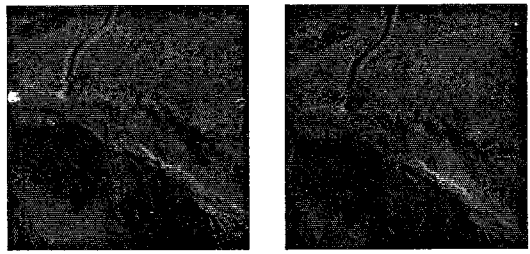
을 이용하여 3차원의 높이를 취득한다.

2.3.1 Rectification

스테레오 영상 정합에 의해 구해진 Disparity Map을 target 영상에 적용하여 disparity 값만큼 target 영상의 좌표를 이동시킨다. 이렇게 이동된 target 영상의 camera 좌표와 reference 영상의 camera 좌표를 Epipolar Geometry로 새로운 3차원 상의 새로운 좌표를 각 영상 좌표에 따라 DEM (Digital Elevation Map)을 구성한다. 각 좌표의 높이에 대응하는 영상의 pixel 값을 기억하여 orthoimage를 생성한다.

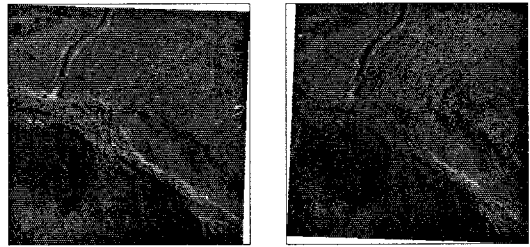
2.4 실험 결과 및 고찰

본 논문의 실험은 스테레오 항공 영상을 이용하여 영상 정합의 전처리 과정인 Epipolar Geometry를 하여 정합 축을 줄였고, 영상 정합 과정에 다 해상도 기법, WCC, NSSR의 기존방법에 Disparity 보간법을 추가하여 정합도를 향상시켰다. 이때 구해진 disparity map을 사용하여 3차원의 좌표를 구하기 위한 rectification을 하여 DEM을 생성하였다.



(a) (b)

그림 3. 실제 항공영상(512×512)
(a)reference 영상, (b)target 영상



(a) (b)

그림 4. Epipolar Geometry 영상(512×512)

(a)reference 영상, (b)target 영상

그림 3은 실제 항공영상으로 입력영상이다. 그림 4는 입력영상을 Epipolar Geometry에 의해 resampling된 영상이다. resampling된 영상을 각 해상도 별로 나누어서 같은 해상도의 reference 영상과 target 영상을 WCC와 NSSR을 하여 disparity map을 구해서 다음 해상도에 영향을 가한다. 이때 해상도가 가장 낮은 구간에서는 -19~10pixel 까지 탐색을 하고 다음 해상도부터는 -1~1 까지 탐색을한다. WCC를 할 때 disparity의 변화에 따라 정합 계수가 정확하지 않을 경우 그때의 disparity를 구하지 않는다. disparity 구간이 구해지지 않은 구간에서는 그 전후의 disparity 값으로 보간을 한다.

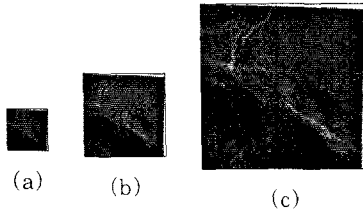


그림 5 reference 영상의 각 해상도 영상
(a) 64X64 (b) 128X128 (c) 256X256

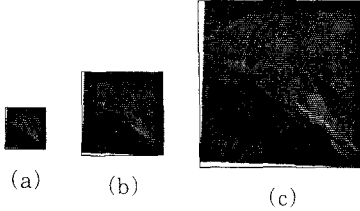


그림 6 target 영상의 각 해상도 영상
(a) 64X64 (b) 128X128 (c) 256X256

그림 5와 6은 epipolar에 의해 resampling된 영상을 각 해상도 별로 나타낸 것이다.

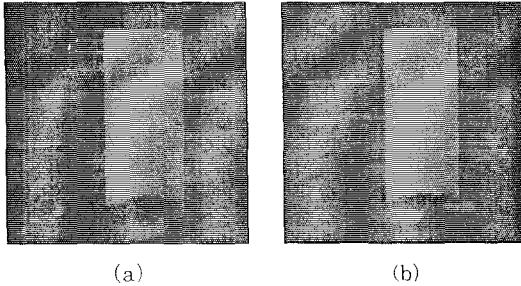


그림 7 Dispalrity Map (512 X 512)
(a) 기존의 방법을 사용한 Disparity map
(b) Disparity 보간법을 사용한 Disparity map

그림 7은 reference 영상을 기준으로 target 영상의 disparity map을 나타낸 것으로 (a)는 기존의 방법을 사용한 것이고 (b)는 기존 방법에 Disparity 보간법을 사용한 것이다.

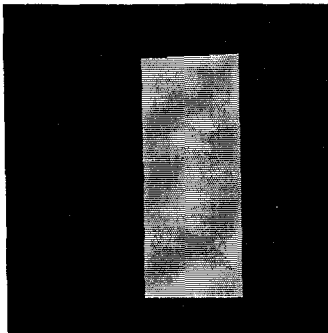


그림 8 DEM 영상

그림 8은 target 영상을 diaprity map의 불일치에 의해 새로 resampling 해서 reference 영상과 epipolar

geometry를 하여 생성한 DEM이다.

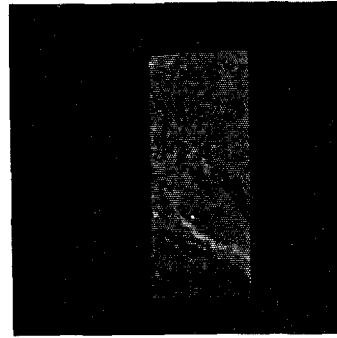


그림 9 Orthoimage

그림 9은 DEM의 각 좌표에 해당하는 reference 영상의 pixel 값을 나타낸 orthoimage 이다.

그림 7에서 보이는 것처럼 disparity map에서 기존의 방법은 부정확한 즉 disparity가 정확하지 않은 구간에서도 구간 내의 어떠한 값을 찾아낸다. 그래서 영상의 경계 부분에 error가 많이 발생한다. 그에 반에 제안된 방법을 사용했을 경우 전 후 값으로 보간을 하기 때문에 경계 부분에 거의 error가 나타나지 않는다.

3. 결 론

스테레오 영상을 이용하여 3차원 상의 높이를 얻는 실험을 하였다. 저 주파수의 영상에서 자주 발생하는 disparity error를 최소화 하기 위해 Disparity 보간법을 제안하였고, 이를 이용하여 3차원 높이 취득 알고리즘을 구성하였다. 기존의 방법은 특징이 많은 영상에 강인하게 적용되지만 특징이 적은 영상이나 특징이 한쪽으로 편중된 영상의 경우 error 발생률이 커진다. 하지만 제안된 방법은 특징이 적은 영상에서 주변 값을 이용하기 때문에 error 발생률을 줄일 수 있다. 하지만 disparity map 구성할 때 기존의 방법 보다 보간하기 위해 한번 더 탐색을 해야 하기 때문에 연산 시간이 오래 걸린다. 하지만 DEM을 구성할 때 Disparity 보간법을 사용하면 보다 정확한 높이 값을 구할 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] 우동민, "적응적인 스테레오 정합 기법에 의한 3차원 지형 복원", 대한전기학회지, 47권 12호, pp. 52, 1998
- [2] 최우영, "스케일 공간의 지문영상을 이용한 스테레오 정합 및 3차원 깊이 보간", 서강대학교 대학원 박사논문, pp.7-16, 1991
- [3] Robot M. Haralik, Linda G. Shapiro, "Computer and Robot Vision volume II", Addison Wesley, pp.357-367, 1993
- [4] Howard Schultz, "Terrain reconstruction from widely separated images", Integrating Photogrametric Techniques with Scens Analysis and Machine Vision II, Vol 2486, pp. 113-123, 1995
- [5] Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Prentice Hall, pp. 167-171, 1993
- [6] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, "Image Processing Analysis and Machine Vision", International Thomson Publishing Company, second edition, pp. 457-483, 1998
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, pp. 109-111, 1992
- [8] Alan Watt, Fabio Policarpo, "The Computer Image", Addison Wesley, pp. 329-331, 1998