

다중 스테레오를 위한 DEM 융합기법

김민석, 우동민  
 명지대학교 정보제어공학과

DEM Fusion Technique for Multi-Image stereo

Min-Suk Kim, Dong-Min Woo  
 Information Control Engineering Myongji Univ

**Abstract** - The ability to efficiently and robustly recover accurate 3D terrain models from sets of stereoscopic images is important to many civilian and military applications. To develop an effective and practical terrain modeling system. We propose the methods which detect unreliable elevations in digital elevation maps (DEMs), and fuse several DEMs from multiple sources into an accurate and reliable result.

This paper focuses on two key factors for generating robust 3D terrain models, the ability to detect unreliable elevation estimates, and to fuse the reliable elevations into a single optimal terrain model. We apply the correlation score methodology to reconstruct accurate DEM for multi-image and show the method is more effective than the conventional averaging method. The photo-realistic simulator is used for generating four simulated images from ground truth DEM and orthoimage.

1. 서론

3D 재구성 알고리즘은 크게 두 가지 분야로 나눌 수 있다. Feature matching 과 Texture matching이다. 또 이러한 방법과는 별도로 표면에서의 물리적인 성격을 간주하지 않는 matching 방법인 image space method 와 표면의 어떠한 물리적인 속성과 지형적인 속성을 간주하는 방법인 object-space matching 방법 등이 있다. 이러한 각 기술들은 공통적으로 어떠한 지형적인 요소들을 분간하는 것이 목표이다. 그런데 이러한 다양한 방법들이 가지고 있는 문제점은 부분적인 실패율이 존재한다는 것이다. 즉 지면상의 먼지들이나 thermal noise 등의 flawed image, 광학 파라미터의 오설정 등 많은 요소가 존재한다. 이러한 모든 요소들을 제거한다는 것은 거의 불가능하다고 보기 때문에 Robust한 3D 재구성 알고리즘에서는 이러한 요소들을 DEM에서 제거하는 방안을 생각 하게 되었다. 이 논문에서 다룰 내용은 Multi-image에서 DEM을 융합 시, 이러한 신뢰할 수 없는 요소를 제거하기 위하여 이러한 정보를 포함하는 가에 대한 여부를 신뢰도의 우열로서 판단하여 그러한 판정 결과에 따라 DEM을 융합하는 방법을 제안하였다. 이때 DEM은 12개를 사용하여 좀더 정확한 데이터의 취득을 도모하고자 하였다.

2. 본론

2.1 DEM 생성

본 논문에서 사용하는 DEM을 구하는 방법의 과정에는 다음과 같은 알고리즘을 사용하였다.

2.1.1 Epipolar sampling

스테레오 영상취득의 기하학적 구조를 이용하여 정합 과정을 쉽게 하기위한 전처리 과정이다. 즉 2차 영상을 정합 할때에는 정합 방식이 x,y축 양방향으로 정합을 하여야 한다. 하지만 epipolar sampling 에 의해 구해진 epipolar line에 의해 resampling 된 영상을 사용할 경우 x 축으로만, 즉 1차원으로만 탐색하여 정합을 할수 있다.

2.1.2 다 해상도 기법

다 해상도 기법은 영상의 해상도를 역 피라미드의 형태로 줄여나가면서 해상도가 가장 낮은 영상에서부터 정합하여 해상도가 가장 좋은 영상까지 변환하면서 정확한 disparity를 결정하는 방법이다. 일반적인 영상의 경우 특징이 큰 것은 불일치가 크고 특징이 작은 물체는 불일치가 작다. 그러므로 해상도가 낮아지게 되면 특징이 작은 영역은 사라지게 된다. 그러나 고해상도에서는 특징이 작은 영역이 복원되기 때문에 불일치를 결정할 수 있다. 이러한 원리를 이용하여 해상도를 변환하면서 불일치를 결정하면 가장 정확한 불일치를 결정 할수 있는 것이다.

2.1.3 NSSR

불일치를 화소의 소수점 이하로 정확히 결정하는 기법으로 LSEE에 의한 2차함수 곡선으로 추정된다. 위에서 제시한 방법들로 불일치를 결정한다면 정확한 소수점 이하로 불일치가 결정되지 않는다. 이때 그림 1과 같이 CC coefficient를 결정하고 미리 구해진 불일치를 이용하여 연속함수로 이어나간다면 우리가 원하는 정확한 불일치 값을 찾아낼 수 있다.

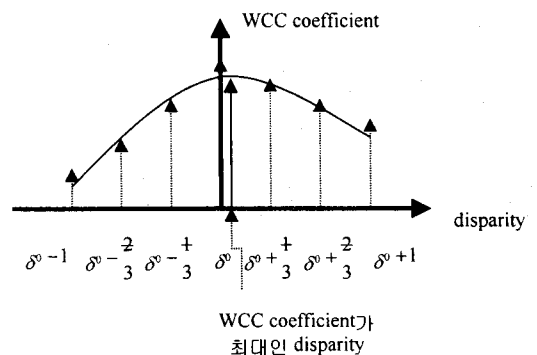


그림 1 2차 함수 보간 모델

2.2 DEM 융합 과정

그림 2에 먼저 일반적인 실험 방법의 Flow chart를 보였다. 이때 원 영상 이미지에서 각각의 sample된 영상의 이미지를 추출하고 그 sample된 영상 이미지를

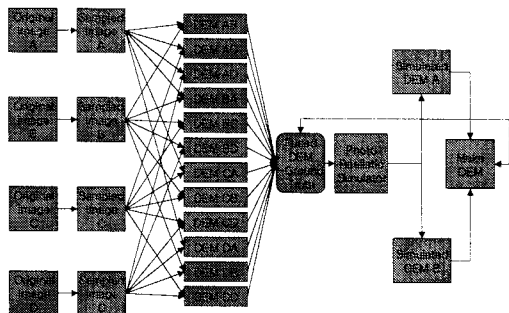


그림 2 Flow Chart

사용하여 각각의 DEM을 만들어낸다. 그리고 그 각각의 DEM을 합성하여 Ground Truth Image 라 가정하고 Photo-realistic Simulator를 통하여 모의 영상을 만든후 그 영상에서 다시금 DEM을 추출하여 Ground Truth Image 와 비교하여 오차값을 계산한다.

본 논문에서는 이때 Photo-realistic Simulator에서 생성된 모의영상을 가지고 correlation score에 따른 DEM 융합방법을 사용하였다. 본 논문에서 적용된 DEM 융합방법은 photo-realistic Simulator를 통과한 DEM 4개를 가지고 각 DEM을 조합하여 12개의 DEM을 재구성하고 그후 12개의 DEM을 비교하여 동일위치에 존재하는 각 pixel data값 중 correlation score 값이 가장 높은 pixel data 값을 해당 pixel data 값으로 설정하는 방법이다. 이 방법과 비교 대상으로 설정하기 위해 다른 방법으로 사용한 방법은 각 pixel data값의 평균값으로 DEM을 융합하는 방법을 사용하였다.

### 2.3 실험

본 논문에서 설정한 ground truth DEM과 ortho image는 다음 그림 3에서 보여진다.

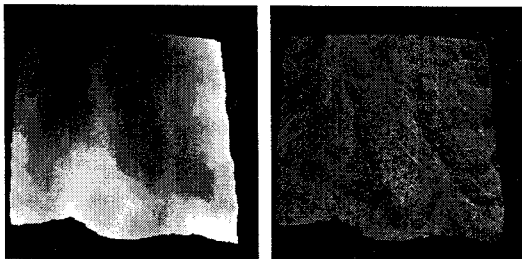


그림 3 Ground truth image 와 ortho image

위 그림 3의 ground truth DEM과 ortho image를 이용하여 photo-realistic simulator를 통해 생성된 image는 다음 그림 4와 같다.

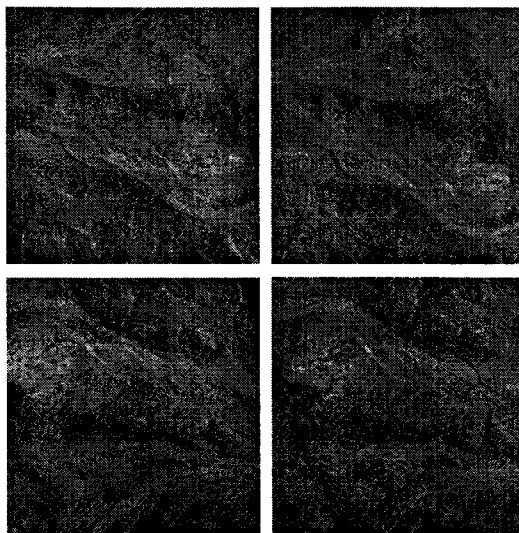
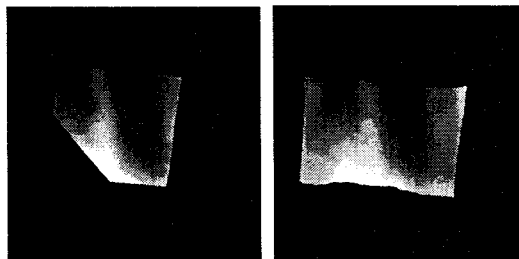
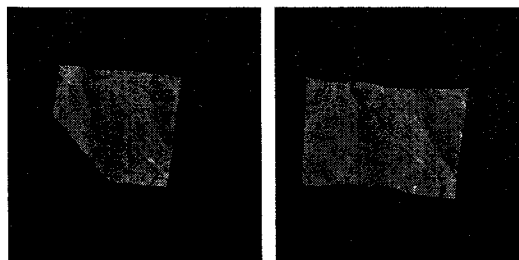


그림 4 Photo-realistic simulator에서 구해진 모의영상들

그리고 위의 모의 영상 4개를 가지고 각 DEM간의 조합을 통해 12개의 DEM을 구한다. 이때 나온 결과영상 중 2쌍을 아래 그림 5에 제시하였다.



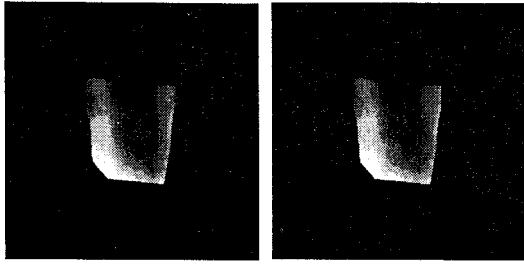
(a) DEM



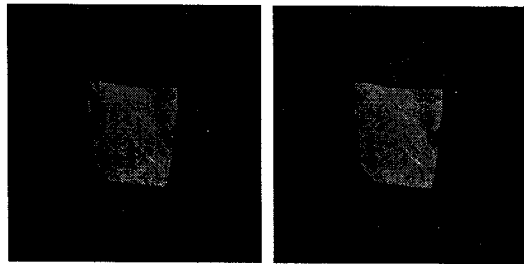
(b) Ortho image

그림 5 DEM 추출

그리고 비교 방법으로 설정한 averaging method로 구한 영상과 본 논문에서 제안한 correlation cscore method로 구한 영상이 다음 그림 6와 같다.



(a) 평균값 방법의 DEM (b) correlation score 방법의 DEM



(c) 평균값 방법의 ortho image (d) correlation score 방법의 orthoimage

그림 6 Fusing DEM & Ortho image

이와 같이 구해진 correlation score 방법과 averaging 방법으로 구해진 DEM간의 오차를 알아본 결과가 다음 표 1에 설명되고 있다.

	Averaging DEM	Correlation Score DEM
Error	0.162649	0.144072

표 1 각 융합방법간의 오차율(단위:M)

표에서 보여 지듯이 본 논문에서 제시한 correlation score 방법이 기존의 averaging 방법보다 약 11%정도의 성능 개선 효과를 나타내고 있다. 그러므로 더 정확한 DEM 값을 얻을 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

### 3. 결 론

3D 재구성 알고리즘 구성시 DEM의 융합방법이 매우 중요하다. 특히 multi-image 의 경우 여러 영상에서 동일지역의 영상을 다수 취득할 수 있기 때문에 그만큼 신뢰할수 있는 자료를 많이 취득할 수 있다는 얘기이다. 그러면 그러한 자료를 어떻게 하면 효과적으로 융합할 수 있는가가 중요하다고 할수 있겠다. 본 논문에서는 그러한 DEM의 융합 방법에 대해서 실험을 하였는데 위의 실험 과정에서 보이듯이 기준으로 삼은 방법은 모든 DEM의 평균값을 취하는 것이고 또 하나는 제안된 correlation score 방법을 사용하여 신뢰도가 높은 pixel data를 취득하여 DEM을 생성 하는 것이다. 실험결과에서 보면 평균값을 취해 DEM을 융합하는 방법보다 correlation score를 이용하여 DEM을 융합해내는 방법이 평균 여러 부분에서 상당히 좋은 수치를 나타내는 것을 알수 있다. 앞으로의 연구 방향은

correlation score 값에 일정 임계점 값을 적용하여 임계점을 초과할 시 DEM pixel data 값을 결정하는 방법과 self-consistency 방법을 사용하여 신뢰할 수 없는 정보를 제거하는 방향으로 나아가야 할 것이다.

### (참 고 문 헌)

[1] Dong-Min Woo, Howard Schultz, Edward M. Riseman, Frank R. Stolle, Error Detection and DEM Fusion Using Self-Consistency, IEEE International Conference on Computer Vision, Sept 1999  
 [2] Yvan G. Leclerc, Q-Tuan Luong and P.Fua Self-Consistency: A Novel Approach to Characterizing the Accuracy and Reliability of Point Correspondence Algorithms 1998 DARPA Image Understanding Workshop, Monterey  
 [3] Takeo Kanade and Masatoshi Okutomi A Stereo Matching Algorithm with an Adaptive Window: Theory and Experiment IEEE Trans Sept 1994  
 [4] Slama, Chester C. Manual of Photogrammetry, 4ed., American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA., 1980