

# 다중 영상으로부터 DEM 생성을 위한 정합기법의 성능향상 연구

## Research of Matching Performance Improvement for DEM generation from Multiple Images

이수암<sup>1)</sup> · 김태정<sup>2)</sup>  
Rhee Soohm · Kim Taejung

### Abstract

This paper describes the attempts to improve the performance of an image matching method for multiple image. Typically, matching between two images is performed by using correlation between a reference and corresponding images. The proposed multiple image matching algorithm performs matching in an object space, chooses the image closest to the true vertical image as a reference image, calculates the correlation based on the chosen reference image. The algorithm also detects occluded regions automatically and keep them from matching. We could find that it is possible to create high quality DEM by this method, regardless of the location of image. From the performance improvement experiments through the occlusion detection, we could confirm the possibility of a more accurate representation of 3D information.

Keywords : Multi-stereo image , image matching, DEM, Occlusion

### 초 록

본 논문에서는 다중 항공영상을 이용한 영상정합기법과, 그 성능을 향상시키기 위한 시도들에 대해 기술한다. 일반적으로 영상간의 정합은 하나의 기준영상을 기준으로 다른 영상과의 밝기값 상관계수를 이용한 유사도 분석으로 진행된다. 제안된 다중 영상 정합기법 알고리즘은 처리할 지역을 일정 크기의 구역으로 나누고 각 구역에서 가장 정사영상에 가까운 영상을 기준으로 하여 Object space 상에서 처리할 수 있는 방식이다. 이 방식을 통해 영상의 위치에 상관없이 균등한 품질의 DEM이 생성 가능함을 확인할 수 있었다. 또한 차폐타지 및 생성된 차폐지도를 통한 성능 향상 실험을 하였으며 그 결과 더욱 정확한 3차원 정보의 표현이 가능함을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 다중영상, 영상정합, DEM, 차폐

## 1. 서 론

3차원 정보의 제작기술은 최근 들어 도시계획, 영화, 게임등 사회의 전반에 이용되고 있는 기술이다. 실제 사용되고 있는 3차원 자료중의 하나로 DEM (Digital Elevation Model)이 있으며, 이는 3차원 도시모델, 정사영상 제작, 지도 갱신 등 다양한 분야로의 응용이 가능하다. 원격탐사자료를 이용한 DEM 제작의 경우, 최근 고해상

도와 높은 중복도로 취득이 가능해짐에 따라, 더욱 고품질의 DEM 생성이 가능하게 되었다. 그러나, 고해상도 영상에서 높은 건물 등에 의해서 발생하는 차폐지역 (Occlusion)은 두 영상간의 동일점이 존재하지 않은 지역을 발생시켜 영상정합이 실패하게 되는 문제를 일으킨다. 이러한 현상을 제거하고 더 정확한 영상정합 결과를 위하여 동일 지역을 촬영한 여러 개의 영상을 이용하는 정합 기법이 제안되었다. (Gruen and Baltsavias, 1998; Okutomi

1) 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정(E-mail : ahmkun@inha.edu)

2) 교신저자 · 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 교수(E-mail : tejid@inha.ac.kr)

and Kanade, 1996; Stenstrom and Connolly, 1992; Tsai, 1983; Zhang and Gruen, 2004). 이들 기법의 대부분은 영상에서 특징점을 취득하고 각각의 영상에서 최적의 조합을 찾아내는 방법으로 이들 다중 영상을 이용한 정합기법은 대부분 영상의 상관계수를 이용한 영역 기반적인 방법이 주로 사용된다. Okutomi와 Kanade(1996)는 근접한 기준선에 위치한 여러 개의 카메라에서 취득된 영상 중 하나를 기준영상으로 하고 각각의 영상들 간의 SSD(sum of difference)를 구하여 이 SSD 값들의 합인 SSSD를 구하여 최적의 높이값을 구했으며, Gruen과 Baltsavias(1988)는 하나의 영상에서의 특징점을 찾기 위해 에피폴라 기하학을 이용하여 각 영상별로 상관계수를 구하여 높이 값을 구하는 방식을 사용하였다. 그 외에도 라인스캔방식으로 취득된 영상들을 이용한 다중영상의 정합방식 또한 제안되고 있다(Zhang and Gruen, 2004). 이 방식들은 우선적으로 기준영상을 선정하고 기준영상과 다른 영상과의 상관관계를 구하는 방식으로 제안되었으나, 정합을 위한 영상의 초기 지역이 중심에서 먼 곳에 존재할 경우, 항공영상과 같이 중심투영 방법으로 취득된 영상들은 영상의 중심에서 멀어질수록 차폐와 같은 오정합 요인들이 많이 발생하게 된다. 이는 올바르게 정합의 원인이 될 수 있다. 본 논문에서는 수행된 다중 영상정합 기법의 단점을 보완하기 위한 방법으로 지상좌표 기준의 정합방식을 사용하였으며, 더 좋은 다중 영상정합을 위한 적응적인 기준 영상 선정 및 차폐지역의 제외 등을 통한 정합 성능 향상 기법을 보고하고자 한다.

## 2. 다중영상 정합기법 알고리즘

본 논문에서 사용되는 다중영상 정합기법은 다음과 같은 순서에 따라 진행된다.

이 다중영상 정합기법은 3차원 좌표 상에 X, Y, Z 좌표가 있을 때, X, Y 값을 고정시킨 채로 Z 값을 변경시켜가며 이 지역이 포함된 모든 영상간의 상관계수를 구하는 방식이다. 그림 2를 보면  $Z_1$  일 때, 추출된 부분영상들의 상관계수가 높지 않지만,  $Z_2$  일 경우에는 부분영상들 간의 상관계수가 높으므로 X, Y 좌표 상에서는  $Z_2$  가 올바른 높이임을 판단할 수 있다. 본 실험에서는 다중영상을 사용하므로, 상관계수들의 평균이 최대인 지점의 높이값을 최종 값으로 결정한다. 한 지점에서의 높이값이 결정되면, X, Y 좌표를 변경하여 새로운 Z 값을 계산하고, 영역확장기법(region

growing)을 적용하여 사용자가 지정한 영역 전체에서의 높이값을 계산한다.

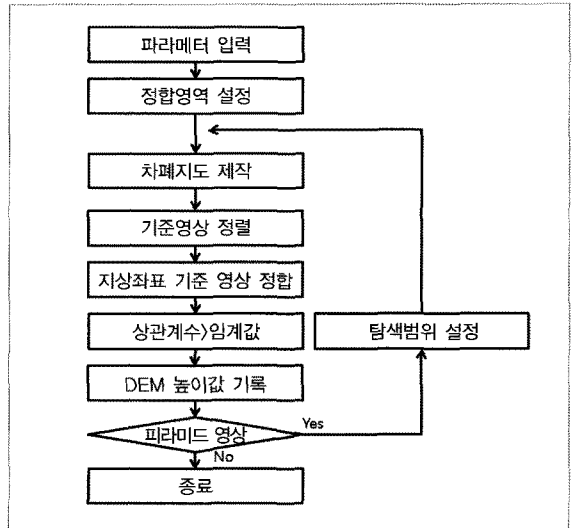


그림 1. 지상좌표 기반 영상정합 알고리즘 흐름도

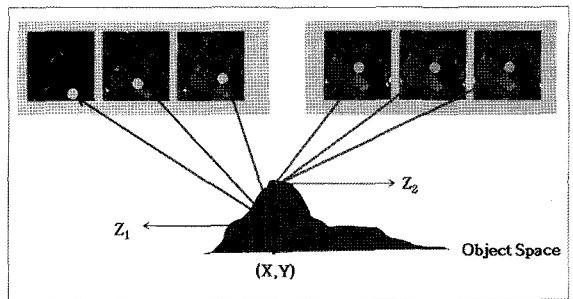


그림 2. 영상좌표기반 다중영상정합 방식

### 2.1 Direct Georeferencing

두 개 이상의 영상을 이용하여 상대적으로 계산된 변이 지도를 지상좌표에 등록시키거나, 영상간의 동일지점을 추출한 후 이 점에 해당하는 3차원 좌표를 계산하는 기존 방법들과는 달리, 지상좌표 기준의 다중영상 정합 방식은 우선적으로 추출하고자 하는 지역의 위치 정보의 선정이 이루어져야 한다. 최근 취득된 디지털 항공영상의 경우 GPS/INS를 통하여 촬영당시의 카메라의 위치가 함께 제공된다. 이 값과 주어진 영상의 크기 그리고 공간해상도를 이용하면 DEM의 제작을 위한 위치의 결정이 가능하다. 본 실험에서는 이렇게 설정된 영역 내에서 3차원 지형정보를 획득한다.

다중 영상으로부터 3차원 지형정보의 획득을 위해서는 3차원 지상좌표와 영상간의 관계식이 수립되어야 하며, 프레임 방식 항공 카메라에서는 가장 보편적인 공선방정식이 사용된다. GPS/INS에서 취득된 자료는 카메라의 위치 및 자세에 관련한 정보들로 이들 요소를 주어진 공선 방정식에 대입하면, 지상기준점을 이용한 별도의 상호표정과정이거나 절대표정 과정 없이 영상과 3차원 좌표와의 관계식의 성립이 가능하다(송연경, 2005). 본 실험에서는 이 방식을 이용하여 GCP(지상기준점) 없이 영상의 정합을 실시하였다.

### 2.2 차폐 처리방법의 적용

영상을 이용한 정합과정에서 발생하는 여러 중 많은 부분이 차폐(Occlusion)에서 발생하게 된다. 이에 이를 처리하는 정합기법이 필요하게 된다. 본 연구에서는 윤준희(2008)가 제안한 방법을 응용하여, 기존에 존재하거나 제작된 DEM을 이용한 실제 영상에서 센서의 위치와 대상지역의 위치를 고려한 시선 기반의 차폐 탐지 기법을 제안하였다. 그림 3은 정합에 사용된 항공영상의 일부분으로, 그림 3의 좌측 영상에서 표시된 지역이 우측 영상에선 차폐되어 있음을 확인할 수 있다.

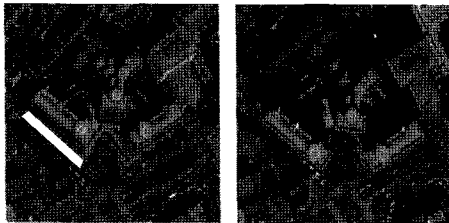


그림 3. 영상에 따른 차폐지역

X, Y 좌표를 이용하여 구해진 센서와 타깃 사이의 거리와 센서의 촬영 고도를 이용하면 센서와 타깃 사이의 높이 값을 이용한 방정식을 생성할 수 있다. 이렇게 생성된 직선 방정식을 이용하면 거리 타깃에서 센서까지의 직선상에 놓여있는 지역의 차폐 발생 가능 높이를 추정 할 수 있다. 즉 직선상에 놓여있는 지역에서 직선방정식을 이용해 추정된 높이보다 동일 위치에서의 DEM 값이 높으면 그 직선이 가려지게 되며, 이때 그 타깃을 차폐지역으로 판단하는 방식이다. 그림 4는 차폐지역을 판단하기 위한 기준이 되는 DEM 영상과(좌상) 영상 별로 구해진 차폐지도의 예이다. 흰 지역은 차폐가 발생하지 않은 지역이며 검은 부분은

차폐가 발생한 지역을 의미한다.

이렇게 추출된 영상별 차폐지도에서 차폐영역으로 판단된 지역이 정합의 후보점으로 들어갈 경우 온전하지 못한 정합의 원인이 될 수 있으므로, 이 차폐지도를 이용하여 이러한 지점을 제거해야할 필요성이 있다. 추출된 차폐 결과를 정합에 적용하기 위하여 본 연구에서는 특정 좌표에서의 정합을 위한 정합 가능 영상을 추출할 때, 대상 영역의 위치를 기준으로 하여 각 영상별로 존재하는 차폐 지도 상에서 해당지역과 동일한 점의 주변 영역 내에 차폐 영역이 30% 가량 존재할 경우 이에 해당하는 영상을 정합에서 제외하고 남은 영상들만을 이용하여 정합을 실시하는 방식을 사용하였다. 이때 주변 영역은 제작된 차폐지도 내에서 3×3 픽셀의 크기로 설정하였다.

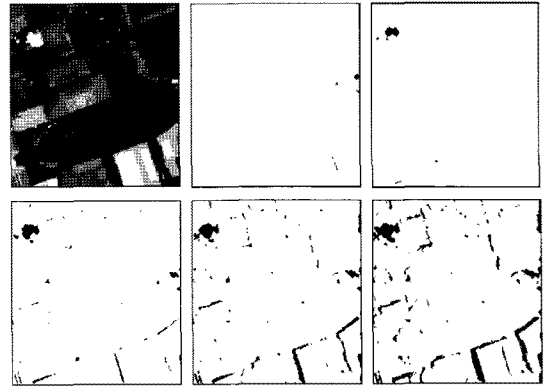


그림 4. 기준이 되는 DEM 영상과(좌상) 영상 별로 구해진 차폐 지도

### 2.3 기준영상 정렬

서론에서 언급했듯이, 항공사진은 중심투영 기법으로 촬영되어 영상의 중심에서 멀어질수록 영상의 왜곡 또는 차폐와 같은 현상이 많이 발생하게 된다. 다중영상정합을 실시할 때 상관계수의 계산을 위해서는 기준 영상이 필요하다. 맨 처음 읽어오는 영상을 기준영상으로 설정하는 방식은 설정된 기준영상이 차폐와 같은 영향을 받는 지역에 존재할 경우 오차의 원인이 된다. 이러한 현상을 최소화하기 위해서 적응적인 기준영상 선정 방식이 필요하다. 제안된 방식에서는 고정된 X, Y 평면 좌표에서 높이값을 변화시키고, 높이의 변화에 따른 영상좌표간의 이동량을 구한다. 이 때 영상좌표간의 이동이 최소가 되는 영상을 기준영상으로 선정한다. 이 방식은 모델식에 기반을 둔 기준점 선정 방식으로, 대상지역에 대응하는 영상좌표의 위치에 민

감하게 반응 할 수 있다는 장점이 있다.

거리	591 pixel	134 pixel	230 pixel	794 pixel
지역 영상 1				
거리	1156 pixel	563 pixel	466 pixel	397 pixel
지역 영상 2				
거리	591 pixel	134 pixel	230 pixel	794 pixel
지역 영상 3				

그림 5. 픽셀 거리에 따른 영상 추출 결과

그림 5는 높이값을 변화시켜가며 계산한 영상 좌표간의 거리와 그에 따른 영상들의 비교 결과이다. 추출된 영상들을 이용하여 확인해 본 결과, 일반적으로 거리가 최소일 때의 영상이 거리가 클 때의 영상보다 정사영상에 가까움을 확인할 수 있었다.

각각의 좌표에서 최적의 정합결과를 보여주기 위해, 본 실험에서는 200m × 200m 간격으로 분할하여 정합을 실시하였고, 최종결과는 제작된 여러 개의 DEM들을 하나로 모자이크 처리하여 제작하였다.

## 2.4 영상 정합

본 기법은 영역 확장 기법을 이용하여 정합점을 생성한다. 이 기법은 하나의 점에서 정합이 성공하면 이 점에서 계산된 높이값을 주변 위치의 초기값으로 설정하는 방식으로, 맨 처음 추출된 정합 초기점을 본 논문에서는 시드포

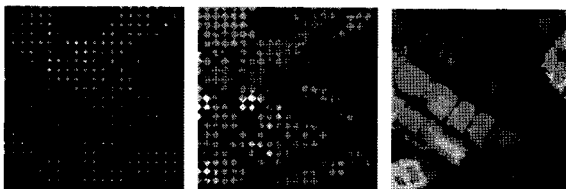


그림 6. 좌:추출된 시드포인트, 중:영역확장, 우:최종 제작 결과

인트로 명명하도록 한다. 높이값을 추출하면, 이들 값을 시작으로 영역확장기법을 적용하여 갱신된 DEM의 제작이 가능하다. 그림 6은 추출된 시드포인트와, 그를 이용한 영역확장 기법의 결과를 보여준다.

또한 영상정합은 피라미드 영상 기반 정합 기법을 사용한다. 이 방식은 낮은 해상도의 피라미드 영상에서의 정합 결과를 다음 단계 피라미드영상에서의 기준점으로 사용하여 정확도를 높이는 방식이다. 기존에 존재하는 수치표고 자료 없이 영상에서의 피라미드 정합방식만을 이용하여 정합을 시도할 경우 가장 낮은 해상도의 피라미드 영상에서는 초기 높이값이 존재하지 않으므로 사용자가 지정한 높이값의 범위 내에서 일정 간격씩 전 구간을 탐색하여 가장 상관계수가 높이 나오는 지점의 높이값을 추출 한 후, 이를 시드포인트로 설정하였다. 이렇게 제작된 DEM에서의 높이값은 다음 단계에서의 시드포인트로 사용한다. 그림 7은 제작된 각 단계별 피라미드 영상에서의 DEM 생성 결과의 예이다.

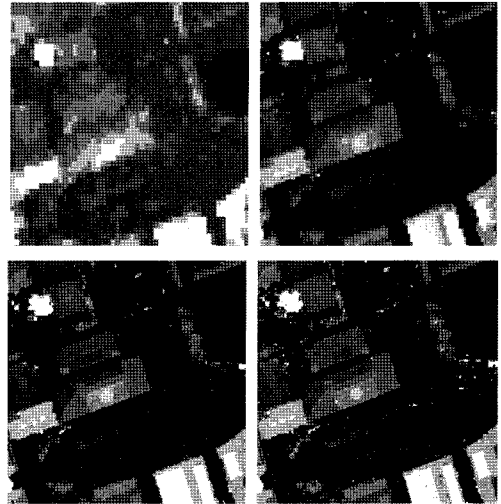


그림 7. 제작된 피라미드 레벨 별 DEM의 예. (좌상-우상-좌하-우하의 순서로 피라미드 단계가 진행됨)

본 논문에서 제안한 방식은 두 개 이상의 영상의 정합이 성공한 뒤 영상과 지상좌표간의 관계식을 이용하여 지상 좌표값을 계산하는 방식이 아닌, 특정 범위 내에서 높이값을 변화시켜가며, 어떤 높이값에서의 상관계수가 최대가 될 때의 높이값을 계산하는 Object space 정합방식이다. 이 방식은 높이값의 탐색을 위한 범위와 탐색간격의 설정이 중요한 요소로 작용한다. 본 실험에서는 피라미드 레벨에

따라 높이값의 탐색범위를 변화시켜가며 탐색을 시도했다. 즉 영상의 해상력이 떨어질수록 높이값 탐색 범위와 탐색 간격이 커지는 방식이다. 이 값은 사용자가 임의로 정할 수도 있으나, 더 정확한 정합을 하기 위해서 통계적인 방법을 이용하였다.

통계적 방법은 낮은 해상도의 DEM의 높이값을 초기값으로 하고, 이 초기값을 이용하여 새로운 높이값이 나왔을 때, 구해진 높이와 초기값의 차이값의 평균과 표준편차를 구하여 적용하는 방법이다. 이는 피라미드 정합방식을 진행할 때, 새롭게 구해진 높이값이 초기값과 큰 차이가 나지 않는 성질을 이용한 방법으로, 다음 단계의 탐색범위는 다음과 같은 수식으로 계산이 가능하다.

$$\text{탐색범위} = \text{AVG} + \text{STD} * \text{정규분포확률} \quad (1)$$

이 수식에서 AVG는 초기값과 높이값의 차이의 평균을 의미하며, STD는 표준편차, 정규분포확률은 표준정규분포 확률변수를 의미한다. 이 표준정규분포 확률변수에 따라 폭이 결정된다. 실험에서 정규분포확률 값은 1.95로 설정하였으며, 이는 초기값과 높이값의 차이가 표준정규분포표에서 5% 이상인 지역만을 탐색하겠다는 의미와 동일하다. 이렇게 계산된 탐색범위는 정합을 시도할 때 다음과 같은 수식을 통해 설정이 되며, 이 범위내에서 높이값을 변화시켜가며 탐색을 실시하게 된다.

$$\text{탐색 최대값} = \text{초기값} + \text{탐색범위} \quad (2)$$

$$\text{탐색 최소값} = \text{초기값} - \text{탐색범위} \quad (3)$$

실험에서 높이값의 탐색 간격은 영상의 공간해상도와 동일하게 설정하였으며, 피라미드 영상 해상도가 낮아지면 축소 배율만큼 곱하여 처리하였다.

### 3. 사용한 데이터

#### 3.1 UltraCam 영상

실험을 위하여 사용되는 데이터는 캐나다의 York University 주변을 촬영한 UltraCam 영상이며 다음 그림은 취득된 영상을 나타낸다. 영상은 약 1660m 고도에서 촬영되었으며 약 14-15cm의 공간해상도를 보여준다. UltraCam 카메라의 기본사양은 다음과 같다.

표 1. UltraCam 카메라 사양

<b>Focal length (mm)</b>	101.4
<b>PixelSize (mm)</b>	0.009
<b>ColSize (Pixel)</b>	11500
<b>RowSize (Pixel)</b>	7500

실험을 위해 사용된 영상은 그림 8과 같으며, 각 영상 별 위치 및 자세 정보는 표 2에 기술하였다.

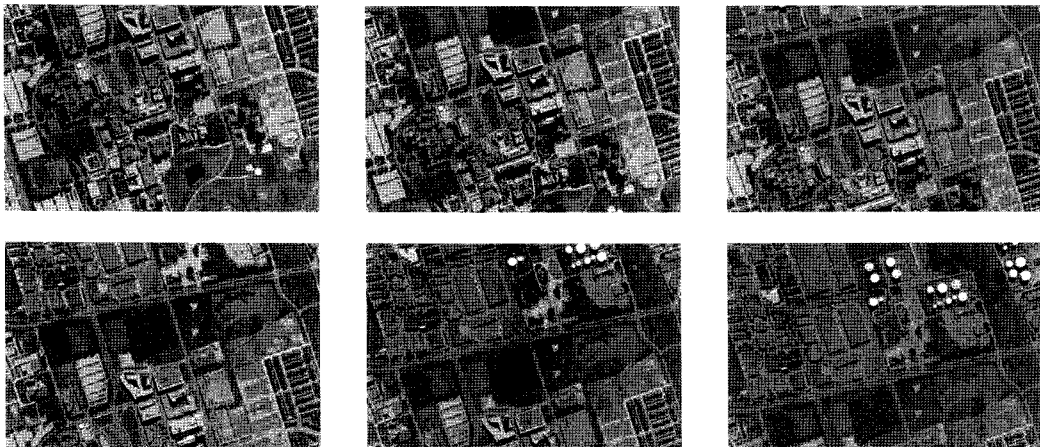


그림 8. 사용된 York 대학 UltraCam 영상

표 2. 사용된 영상의 위치 및 자세 정보

영상이름	X(m)	Y(m)	Z(m)	w(°)	p(°)	k(°)
073731500_15cm_01037_RGB.tif	620455.282	4847674.264	1667.614	0.06556	0.14135	-89.86594
073731500_15cm_01038_RGB.tif	620650.560	4847675.022	1667.853	0.05128	0.14399	-89.92687
073731500_15cm_01039_RGB.tif	620844.926	4847675.142	1668.603	0.06456	0.14008	-89.89621
073731500_15cm_01040_RGB.tif	621040.203	4847674.725	1669.608	0.06019	0.14392	-90.13760
073731500_15cm_01041_RGB.tif	621235.000	4847674.002	1670.645	0.06061	0.15120	-90.37361
073731500_15cm_01042_RGB.tif	621430.022	4847673.331	1671.460	0.07145	0.14208	-90.51660

### 3.2 DMC 영상

실험에 사용된 또 다른 데이터는 경기도 성남시 지역을 DMC 카메라로 촬영한 영상이며 영상은 약 80%의 횡 중복도와 60%의 종 중복도로 취득되었다. 그림 8의 우측영상은 사용된 전체 영상이다. 실험을 위해서 UltraCam 영상과 같이 영상 취득시의 위치와 자세정보를 사용하였다.

성남지역의 촬영은 약 1300m 고도에서 이루어져 있으며, 취득된 영상의 공간해상도는 약 12-13cm 정도이다.

### 3.3 LIDAR 데이터

DEM을 사용한 실험의 신뢰성을 높이고 또 그 정확도를 검증하기 위하여, 캐나다 York 대학 주변의 LIDAR 자료를 기존 DEM자료로 사용하였다. 제공된 요크대 LIDAR 자료는 0.768 points/m<sup>2</sup>의 점밀도를 가지는 Point Cloud 영상이다.

## 4. 실험 결과

제안된 방식을 이용한 DEM 제작 결과는 다음과 같다. 영상의 정확함과 실험 결과를 위해 제안된 기법 외의 다른 후처리 기법은 적용되지 않았다. 실험은 하나의 자료 당 최대 6개의 영상을 이용하였다. 본 실험에서는 각 영상별로 75cm의 해상도의 DEM의 제작을 시도하고 제작 결과를 비교하도록 한다.

### 4.1 차폐처리기법 사용에 따른 DEM 제작

다음 그림은 차폐처리기법의 적용 전 후의 DEM의 정확도 비교결과를 나타낸다. 이때 실험을 위해 사용된 영상은 4개이다. 그림 10을 통한 육안 판독 결과, DMC 영상에서는 큰 변화가 없었으나, York 대 자료의 경우, 건물의 윤곽에서 불분명한 지역이 선명하게 나타나고, 노이즈도 줄었음을 확인할 수 있었다. 표 4의 결과에서도 차폐처리기법을 적용한 결과가 근소하지만 오차가 줄어들음을 확인할 수 있었다.



그림 9. 성남지역 DMC 영상(좌: 1개 영상, 우: 21개 통합 영상)

이 항공사진의 취득을 위해 사용된 DMC 카메라의 기본 사양은 다음과 같다.

표 3. DMC 카메라 사양

Focal length (mm)	120
PixelSize (mm)	0.0120
ColSize (Pixel)	7680
RowSize (Pixel)	13824

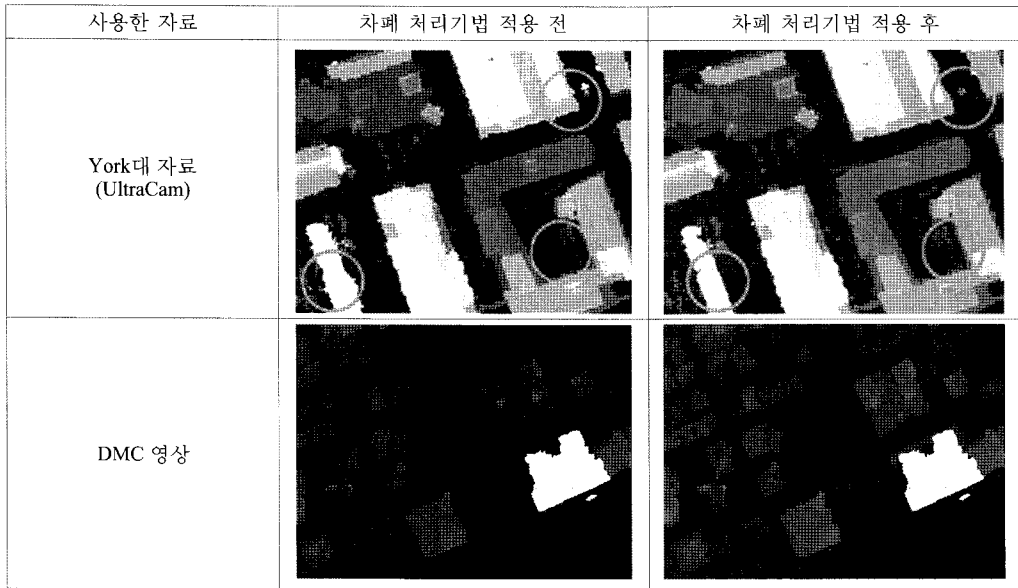


그림 10. 차폐처리기법 적용 전후의 DEM

표 4. 차폐 처리기법 적용 전 후 결과(York대 자료)

	Max error (m)	Min error (m)	RMSE (m)
적용 전	66.5779	-61.4674	3.7470
적용 후	66.5779	-61.4674	3.7063

#### 4.2 적응적 기준영상 사용 결과

적응적인 기준영상 사용 결과는 표 5의 그림과 같다. 적응적 기준영상을 사용하였을 경우, York대 자료의 경우 일반적인 기준영상을 사용하였을 때에 비해 더 많은 부분이 정합됨을 확인할 수 있었으며, 특히 건물의 윤곽 등이 더 상세히 표현됨을 확인할 수 있었다. 반면 DMC 영상의 경

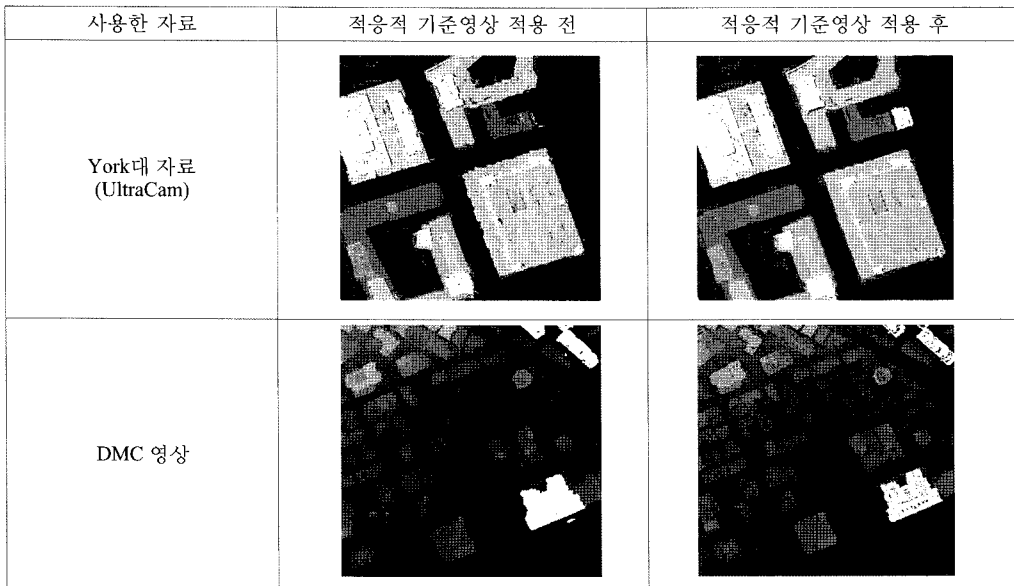


그림 11. 적응적 기준영상 적용 전후의 DEM

우 적응적 기준 영상을 사용한 쪽에서 더 많은 공백(Hole) 지역이 발생했으나, York 대 자료와 동일하게 건물의 윤곽 등에서 더 선명한 결과가 나왔음을 확인할 수 있었다.

Lidar데이터와의 정확도 분석 결과 영상 전체에서의 RMSE값은 적응적 기준영상 기법을 사용하지 않았을 경

우 더 작게 나왔으나, 적용 전에 비해 정합성공점의 수가 늘어남을 확인할 수 있었다.

표 6. 영상의 개수에 따른 정확도 비교 결과

사용영상 개수	정합성공 (개수)	정합실패 (개수)	최대오차 (+)	최대오차 (-)	RMSE (m)
2개	576821	77515	56.7363	-109.0942	16.1778
3개	643699	10637	210.6821	-80.2544	4.0968
4개	638986	15350	44.4787	-43.9082	2.0401
5개	638000	16336	45.0168	-36.3402	2.0255
6개	637617	16719	44.8700	-36.4634	2.0280

표 5. 적응적 기준영상 적용 전후 정확도 (York대 자료)

	정합성공 (개수)	정합실패 (개수)	RMSE (m)
적용 전	633440	20896	1.9269
적용 후	637617	16719	2.2080

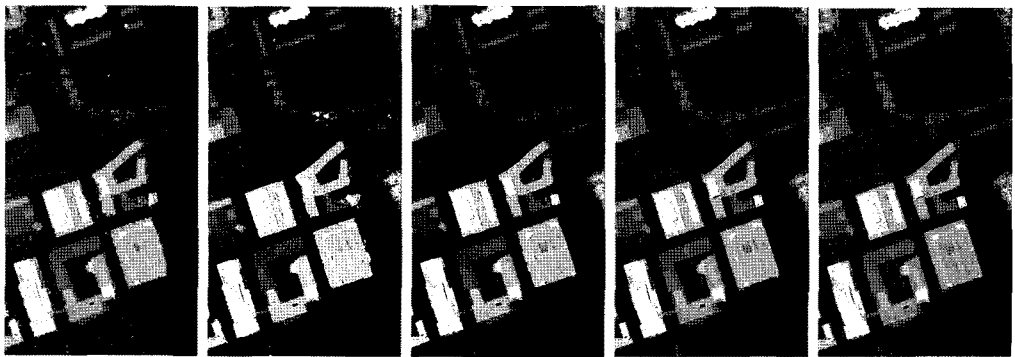


그림 12. UltraCam DEM 생성결과 (좌: 2개 영상 사용, 중: 4개 영상 사용, 우: 6개 영상 사용)

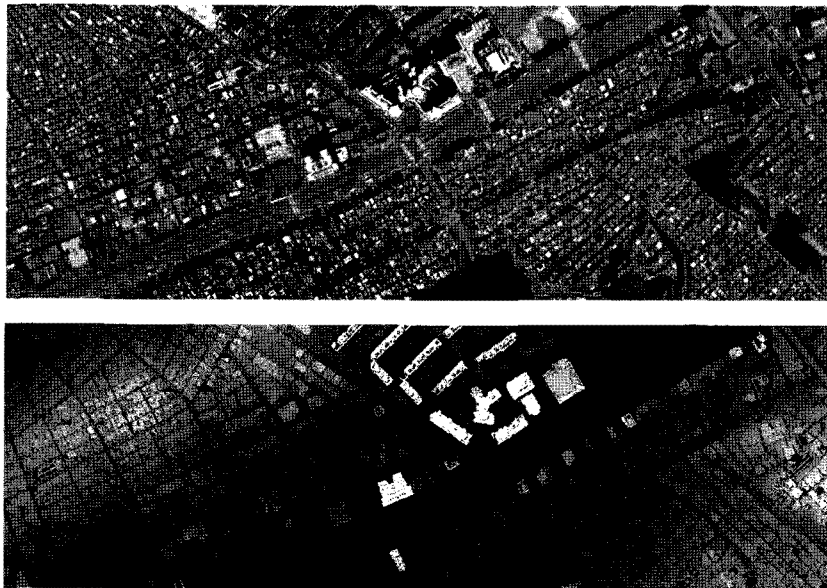


그림 13. DMC DEM 생성결과 (상: 항공영상, 하: 제작된 DEM)



### 4.3 사용 영상 개수에 따른 정확도 비교

표 6과 그림 12는 사용된 영상의 개수에 따른 정확도의 비교결과이다. 표를 보면 확인할 수 있듯이, 2개의 영상을 사용하는 것에 비해 다중으로 영상을 사용하는 것이 더 좋은 결과를 보여줌을 확인할 수 있었다. 특이한 점은 정합성 공점 수는 사용영상에 따라 오히려 줄어드는 현상을 보인 것인데 이는 계산된 상관계수가 차폐 지역외의 다른 외적인 요인 등의 영향으로 임계값 보다 낮아져 발생한 문제로 분석되며 이후 이 방식을 더 발전시켜 더욱 고성능의 3차원 정보의 획득이 가능하도록 해야 할 것이다.

## 5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 다중 항공사진을 이용한 영상정합방식을 제안하였다. 다중영상을 사용한 방식은 두 개의 영상만 사용한 것에 비해 노이즈가 많이 제거된 더욱 선명하고 정확한 DEM의 생성결과를 보여주었다. 본 실험에서는 다중 영상간의 효율적인 상관계수 계산을 위한 적응적 기준영상 선정 방법을 시도하였다. 기준영상의 선정을 위해 센서 모델식과 영상좌표에 기반을 둔 방법을 사용하였으며 이를 통해 더욱 좋은 DEM의 생성이 가능함을 알 수 있었다. 이 방식은 이후 GPS/INS에서 획득된 촬영위치를 이용한 기준점 선정방식과의 비교를 통해 그 성능을 비교해야할 필요가 있다. 또한 영상에 존재하는 차폐지역의 영향을 최소화하기 위해 영상별 차폐지도를 제작하였다. 차폐지도를 이용하여 오차의 원인이 되는 영상을 제외하는 것으로 정합의 성능향상을 시도하였다. 제안된 방식의 적용 결과 Lidar데이터와의 비교정확도가 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한 육안분석 시 건물의 윤곽 표현이 향상되고 노이즈가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 차폐지역 외에도 영상 정합에는 Breakline, 빛의 반사에 의해 밝기값의 변화지역, 그림자 지역과 같은 변수들이 다수 존재하며, 이들은 올바른 정합을 하는 데에 방해요인이 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 Breakline의 추출, 영상에서의 에지정보추출을 이용한 정합, 정합방식

의 수정 및 적절한 파라미터의 적용, 올바른 후처리 방식 등에 대한 후속 연구가 진행되어야 하며, 이를 통해 더욱 정교한 DEM의 제작을 시도하여야 할 것이다.

## 감사의글

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

- 송연경 (2005) 외부표정요소 직접결정에 의한 수치정사영상 생성, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 제 13권, 제 1호, pp. 55-63.
- 윤준희 (2008), 엄밀 정사영상 제작을 위한 가시고도 기반의 폐색영역 탐지, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 2제 28권, 제 3호, pp. 417-422.
- Gruen A. and Baltsavias E. (1998), Geometrically Constrained Multiphoto Matching, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 54, No. 4, pp. 633-641
- Okutomi M. and Kanade T. (1996), A multiple-baseline stereo, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 4, pp. 353-363.
- Stenstrom J. R., Connolly C.I. (1992), Constructing object models from multiple images, *International Journal of Computer Vision*, Vol. 9, No. 3, pp. 185-212.
- Tsai, R.Y. (1983), Multiframe image point matching and 3-d surface reconstruction, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 5, No. 2, pp. 159-174.
- Zhang, L. and Gruen, A. (2004), Automatic DSM generation from linear array imagery data, *X Xth ISPRS Congress*, ISPRS, Istanbul, Vol. 35, Part B3, pp. 128-133.