

# 다양한 오정합 제거 알고리즘을 이용한 영상정합의 정확도 향상

## Improving the Accuracy of Image Matching using Various Outlier Removal Algorithms

이용일<sup>1)</sup> · 김준철<sup>2)</sup> · 이영란<sup>3)</sup> · 신성웅<sup>4)</sup>

Lee, Yong-il · Kim, Jun-chul · Lee, Young-ran · Shin, Sung Woong

### Abstract

Image matching is widely applied in image application areas, such as remote sensing and GIS. In general, the initial set of matching points always includes outlier which affect the accuracy of image matching. The purpose of this paper is to develop a robust approach for outlier detection and removal in order to keep accuracy in image matching applications. In this paper we use three automatic outlier detection techniques of backward matching and affine transformation, and RANSAC(RANdom SAMple Consensus) algorithm. Moreover, we calculate overlapping apply and steps block-based processing for fast and efficient image matching in pre-processing steps. The suggested approach in this paper has been applied to real frame image pairs and the results have been analyzed in terms of the robustness and the efficiency.

Keywords : Outlier detection, Outlier removal, Image matching, Backward Matching, Affine Transformation, RANSAC

### 초 록

영상정합은 원격 탐사, GIS 등과 같은 영상 활용 분야에서 매우 광범위하게 적용된다. 일반적으로 초기의 정합점 데이터들은 영상정합의 정확도를 떨어뜨리는 오정합을 포함하고 있다. 본 논문의 목적은 영상정합에서 정확도를 유지하기 위해 오정합의 탐색 및 제거를 위한 강건한 접근법을 개발하는 것이다. 본 논문은 자동으로 오정합을 탐색하기 위해 역방향 정합, 유사 변환, RANSAC 알고리즘을 사용하였으며 빠르고 효율적인 영상정합을 위해 중복영역의 계산, 블록기반 처리 등과 같은 전처리 단계를 사용하였다. 논문에서 제안한 방법을 실제 항공사진 영상쌍에 적용하여 robustness와 효율성 측면에서 그 결과를 분석하였다.

핵심어 : 오정합 탐색, 오정합 제거, 영상정합, 역방향 정합, 유사변환, RANSAC

## 1. 서 론

영상정합은 다른 시간, 다른 시점 또는 다른 센서로부터 획득한 입체모델을 구성하는 두 장 이상의 영상에서 한 영상에 나타나는 영상점이 다른 영상의 어느 위치에 형성되었는가를 결정하는 과정으로 현재 영상 활용 분야에서 다양하게 사용되고 있다. Schenk(1999)의 연구에 의하면 본 논문에서 사용되는 항공사진의 경우 영상의 화소값을 비교하여 정합하는 영역기반 정합(Area-based Matching) 방법이 사용된다. 효율적인 영상정합을 위해서

는 특이점 추출이 선행되어야 하는데, Harris 등(1988)의 연구에서 제안된 코너 검출(Corner Detection) 방법은 다량의 코너점을 빠르게 찾아주기 때문에 특이점을 추출하기 위한 방법으로 적합하다. 영상정합의 이상적인 결과는 두 장의 영상에서 추출한 점들이 각 대응점간에 모두 일치되는 것이다. 하지만 초기의 자동적인 영상정합에서 이러한 결과를 얻는 것은 쉽지 않다. 즉, 초기 정합결과에는 정합과 오정합을 포함하게 되며 이러한 오정합은 전체적인 정합결과의 정확도를 저하시키는 요인이 된다. 물론 오정합이 전체 데이터에 비해 극히 적은 일부라면 평균적으로

1) 교신저자 · 정희원 · (주)셋트랙아이 연구원(E-mail:yilee@satreci.com)

2) 정희원 · (주)셋트랙아이 연구원(E-mail:kjc@satreci.com)

3) 정희원 · (주)셋트랙아이 연구원(E-mail:yrlee@satreci.com)

4) 정희원 · 한국전자통신연구원 선임연구원(E-mail:sshin@etri.re.kr)

상쇄되어 크게 문제가 되지 않지만, 오정합의 분포가 전체 데이터에서 많은 부분을 차지하는 경우에는 영상 정합이 올바르게 되지 못할 것이다. 따라서 보다 정확한 영상정합의 결과를 얻기 위해서는 오정합을 배제시키고 유효한 데이터만을 최종 정합결과로 결정해야 한다. 이러한 방법을 강인추정기법이라 하며 Fischler 등(1981)의 논문에서 제안된 RANSAC(RANDOM SAmple Consensus) 알고리즘도 이에 포함된다. Kim 등(2003)의 연구에서는 위성영상의 자동 Registration을 위해서 Stereo Matching과 RANSAC 알고리즘이 함께 사용되었다. RANSAC 알고리즘은 오정합을 자동으로 제거함으로써 대상영상의 강건한 카메라 모델을 추정하기 위해 사용되었으며 실험을 통해 RANSAC 알고리즘이 오정합 제거를 위한 적합한 방법인 것을 알 수 있다. Ahn 등(2007)은 항공사진에서의 Registration을 위해 Line 객체를 추출하여 사용하는 방법을 소개한다. 영상에서 추출된 Line 객체를 사용하여 단사진 후방교회법(Single Photo Resection)으로 외부표정요소를 결정하는데, 단사진 후방교회법에 RANSAC 알고리즘을 접목시켜 사용하였다. 김현숙 등(2007)의 연구에서는 기상위성의 자동기하보정을 위해 위성영상과 랜드마크 칩간의 자동 정합결과에서 구름과 같은 요인으로 인한 오정합을 자동으로 검출하기 위해서 RANSAC 알고리즘을 사용하였다.

위에서 설명한 기존 연구들을 통해 RANSAC 알고리즘이 오정합을 검출 및 제거하기 위해 다양하게 사용된다는 것은 확인하였다. 하지만 기존 방법들은 RANSAC 알고리즘 하나만을 사용하여 오정합을 제거하려 했기 때문에 제거되지 못한 오정합들이 남아 있을 수 있다. 따라서 오정합의 제거율을 높일 수 있는 상호 보완적인 다양한 방법들을 알아볼 필요가 있다. 본 논문에서는 기준영상과 대상영상을 맞바꾸어 정합을 수행하는 역방향 정합(Backward Matching)과 유사변환(Affine Transformation)에 의한 오차 계산, RANSAC 알고리즘들을 비교 분석하여 오정합을 제거하기 위한 효율적인 방법을 설명한다.

## 2. 연구방법

본 논문은 효율적인 영상정합 방법과 오정합 제거를 위한 몇가지 알고리즘들에 대해서 설명한다. 그림 1은 영상정합 및 오정합 제거를 위한 전체적인 처리 과정을 나타내며 크게 특이점 추출(Interest Point Extraction), 특이점 정합, 오정합 제거로 구분할 수 있다. 특이점 추출은 해리스

코너 검출(Harris Corner Detection) 방법을 사용하여 기준영상에서 추출한다. 코너점(Corner Point)은 영상에서 밝기 값이 급격하게 변하는 지점으로 객체의 특성 분석에 용이한 장점이 있기 때문에 두 영상간의 유사점을 찾기 위한 방법으로 많이 사용되며, 해리스 코너 검출 방법은 코너점을 추출하기 위해 많은 연구들에서 사용되고 있다. 본 논문에서는 특이점 추출을 좀 더 효율적이고 빠르게 하기 위해 중복도 계산, 블록 기반 처리 등의 전처리 단계를 적용하였다. 특이점 정합은 상호상관정합(Cross Correlation Matching) 방법을 사용한다. 상호상관정합은 두 영상간의 상관계수(Correlation Coefficient)를 계산하여 임의의 위치에 대해 가장 큰 상관계수를 갖는 점을 정합점(Conjugate Point)로 선택하는 방법으로 영상정합에서 자주 사용되는 방법이다. 상호상관정합을 빠르게 하기 위해 지상기준점(GCP)을 사용해서 2차원 다항식 변환(Polynomial Transformation) 수식을 구하고 기준영상에서 추출된 특이점들에 대해서 좌표변환을 통해 대상영상의 탐색 영역을 설정한다. 오정합 제거는 최초 상호상관정합 방법을 통해 결정된 공역점들에 대해서 오정합 여부를 판단하여 오정합의 경우 제거하게 된다. 오정합의 판단 및 제거를 위해서 본 논문에서는 3가지 방법을 사용하였다. 첫 번째 방법인 역방향 정합은 초기 정합단계에서 수행한 정방향 정합(Forward Matching)의 공역점에 대해서 기준영상과 대상영상의 점들을 서로 바꾸어 입력한 후 다시 상호상관정합을 수행한다. 이 때 얻어진 정합결과와 앞서 수행한 정방향 정합결과와의 차이를 계산하여 오차가 큰 점들을 제거하는 방법이다. 두 번째 방법인 유사변환 오차 계산은 초기 공역점들을 사용하여 변환 계수(Transformation Parameter)를 결정한 후 유사변환을 수행하여 오차를 측정한다. 세 번째 방법인 RANSAC 알고리즘은 랜덤하게 샘플을 선정하여 모델을 수립 후 데이터셋들을 모델에 적용하여 오차가 큰 값을 제거하는 일련의 과정을 반복적으로 수행하여 원하는 결과를 얻는 것이다. 추가적으로 이들 3가지 방법을 함께 사용하는 방법에 대해서도 수행하였다.

### 2.1 영상정합

일반적으로 상호상관정합을 그대로 사용하여 영상을 정합하는 경우는 임의의 영역에 대한 영상의 모든 픽셀에 대해서 상관계수를 측정하기 때문에 속도가 매우 느린 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문은 그림 2와 같은 전처리를 수행하였다. 전처리는 크게 중복영역(Overlapping Region) 계산과 블록기반 처리

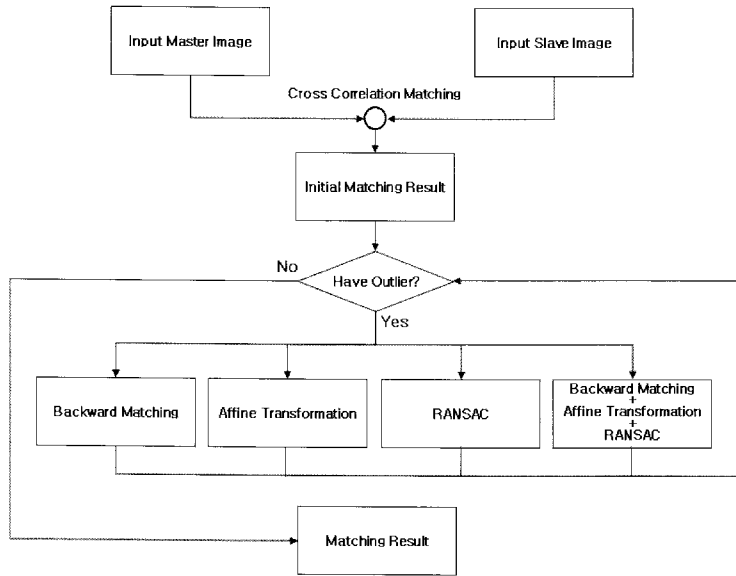


그림 1. 영상 정합 및 오정합 제거 과정

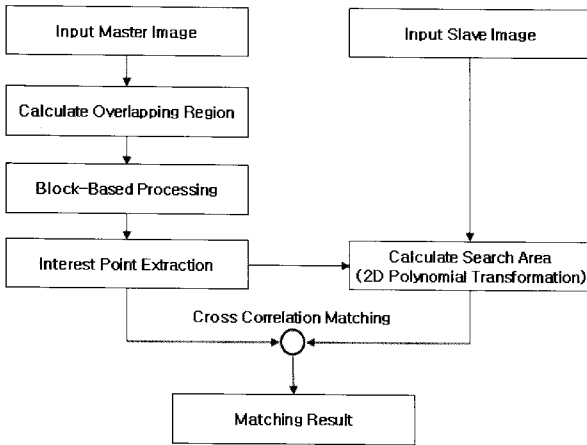


그림 2. 영상정합 과정

$$\begin{aligned} x &= ax' - by' + x_0 \\ y &= bx' + ay' + y_0 \end{aligned} \quad (1)$$

영상정합에 사용되는 점들은 영상의 어느 일부분에 치우쳐 있는 것 보다 고르게 분포되어 있는 것이 좋다. 본 논문에서 제안한 블록기반처리(Block-Based Processing) 방법은 영상을 블록으로 작게 나누어 블록 단위로 처리하는 것으로 첫 번째 블록에서 필요로 하는 특이점들을 획득하면 다음 블록으로 이동하며 특이점을 획득하는 방법이다. 이것은 특이점을 고르게 선정할 수 있을 뿐만 아니라 속도도 향상시키게 된다. 특이점을 추출하기 위해 사용한 헤리스 코너 검출 방법은 Harris 등(1988)의 논문에서 처음 제안된 이후로 코너 검출을 위해 많이 사용되고 있으며 그 원리는 그림 3과 같이 작은 윈도우를 상하좌우로 이동하면서 윈도우 안의 픽셀 값의 변화를 분석하여 결정하는 방식이다. 그림 3(a)는 평탄한 영역을 이동하는 경우로 윈도우가 상하좌우로 이동해도 픽셀값은 항상 일정하게 된다. 그림 3(b)는 경계선 위를 이동하는 경우로 윈도우가 좌우로 이동시에는 픽셀값이 큰 차이를 보이지만, 상하로 이동하는 경우에는 값의 변화가 없게 된다. 그림 3(c)는 코너가 되는 경우로 윈도우가 상하좌우 어느 방향으로 이동하든지 윈도우 내의 픽셀값이 크게 변하게 된다. 이런 원리를 이용하여 코너를 검출하게 된다. 그림 4는 추출된 특이점을 나타낸다.

(Block-Based Processing), 검색영역(Search Area) 계산으로 구성된다.

정합의 입력영상인 기준영상과 대상영상은 중복영역이 존재하게 된다. 이 중복영역을 계산함으로써 불필요한 영역에 대한 매칭을 수행하지 않을 수 있다. 중복영역의 계산은 영상의 네 모서리의 영상좌표를 사진좌표로 변환하여 2차원 등각사상변환(Conformal Transformation) 수식 (1)을 사용하여 영상의 네 모서리에 대한 지상좌표를 계산함으로써 가능하다. 여기에서  $(x, y)$ 는 사진좌표이고,  $(x', y')$ 는 영상좌표를 의미한다.

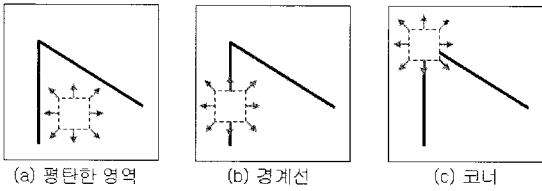


그림 3. 해리스 코너 검출

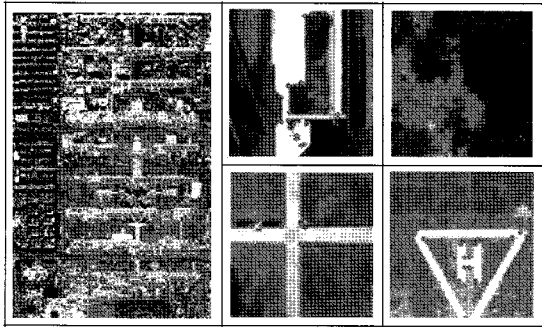


그림 4. 특이점 추출 결과

기준영상에서 특이점들이 획득된 후에는 대상영상과 정합을 수행하는데, 상호상관정합은 검색윈도우(Search Window)의 위치를 이동하며 통계적인 수치를 계산하기 때문에 많은 시간이 소요된다. 이런 문제를 해결하기 위해 지상기준점을 사용하여 아래와 같은 유사 변환 수식 (2)을 수립한 후 기준영상의 특이점들에 대한 대상영상의 위치를 추정하여 검색윈도우를 최소화하는 방법을 사용하였다. 특이점과 대상영상의 대략적인 위치가 정해지면 상호상관정합을 통해서 정합을 수행하며, 그림 5는 앞서 추출한 특이점들에 대한 영상정합 결과로 영상의 일부 점들을 확대하여 나타낸 것으로 특이점에서 일부만 정합이 되었다.

$$\begin{aligned} x &= a_1x' + a_2y' + x_0 \\ y &= b_1x' + b_2y' + y_0 \end{aligned} \quad (2)$$

점1		점2		점3	
기준영상	대상영상	기준영상	대상영상	기준영상	대상영상
점4		점5		점6	
기준영상	대상영상	기준영상	대상영상	기준영상	대상영상

그림 5. 영상정합 결과

## 2.2 오정합 제거

오정합을 제거하기 위한 방법 중의 하나인 역방향 정합은 그림 6과 같이 추출된 특이점으로부터 정합된 대상영상의 정합점을 처음과는 반대로 특이점으로 설정한 후 기준영상과 정합을 수행하는 것이다. 초기 정합의 결과와 역방향 정합의 결과가 동일한 위치에 있다면 해당점은 참정합으로 판단할 수 있게 되며, 그렇지 않은 경우에는 오정합으로 판단하여 제거하여야 한다. 이때 참정합과 오정합을 판단하기 위한 오차의 허용범위는 남기고자 하는 정합점의 수에 의해 결정될 수 있다. 그림 6의 "G84"는 정방향 정합의 결과와 역방향 정합의 결과가 서로 차이가 나기 때문에 오정합으로 판단되어 제거된 점의 예이다.

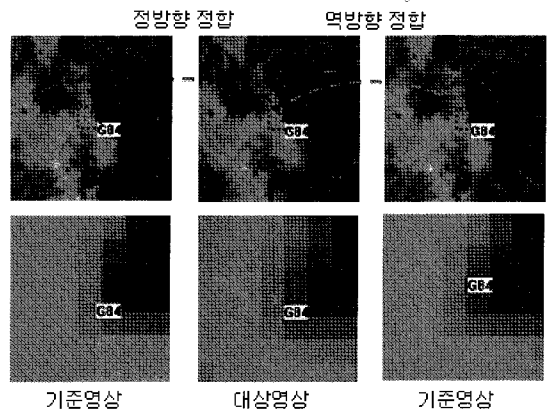


그림 6. 역방향 정합

두 번째 방법인 유사변환 오차 계산은 초기 정합점들에 대해서 유사변환을 수행하여 오차를 계산하는 방법이다. 변환 계수는 이미 정합된 점들을 사용하여 결정할 수 있으며, 이 변환 계수를 통해 수립된 변환식을 사용하여 기준영상의 정합점들에 대한 대상영상에서의 위치를 추정하는 것이다. 이때 추정된 위치와 대상영상의 정합점과의 오차를 계산하여 오차가 큰 값들은 오정합으로 판단되어 제거하게 된다. 설정한 임계값 보다 오차가 큰 점들을 제거한 후 제거되지 않은 점들로 다시 변환식을 수립하여 원하는 정합결과가 얻어질 때까지 동일한 과정을 반복하게 된다. 그림 7의 "G184"는 초기 정합된 점으로 역정합 정합을 통해서는 제거되지 않았으나 유사변환 오차 계산을 통해 제거된 점의 예이다.

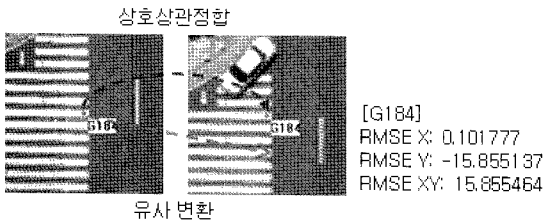


그림 7. 유사변환 오차 계산

세 번째로 RANSAC 알고리즘은 전체데이터 중에서 모델 인수를 결정하는데 필요한 최소의 데이터를 랜덤하게 샘플링하면서 반복적으로 해를 계산함으로써 최적의 해를 찾는 방식이다. 이 방법은 초기의 해를 구하기 위해 가능한 많은 데이터를 사용하고 그 결과로부터 유효하지 않은 데이터를 제거하는 전통적인 데이터 스무딩 (Smoothing) 기법과는 반대의 개념을 가진다. 즉, 가능한 양의 초기 데이터를 사용하여 일관된 데이터의 집합 (Consensus set)을 확장시켜가는 방식을 사용한다. 어떤 현상을 설명하는 모델을 만들거나 하면 현상에서 관측 데이터를 수집해야 한다. 그런데, 관측 데이터에는 모델에 대한 잘못된 가정이나 측정 장비의 오차 등에서 생기는 여러 가지 형태의 노이즈가 들어 있게 마련이다. 그림 8의 7번 점은 대형오차를 나타낸 것으로 관측된 전체 데이터 중에서 노이즈가 많은 부분을 차지하는 경우로서 이것은 모델을 정확하게 예측하는 것을 방해하게 된다.

RANSAC 알고리즘은 관측된 데이터와 관측결과를 설명하기 위한 파라미터, 신뢰성을 나타내는 파라미터가 입력되고, 입력된 관측데이터에서 반복적으로 일부를 임의로 선택하는 과정을 반복하여 최적의 파라미터를 예측한

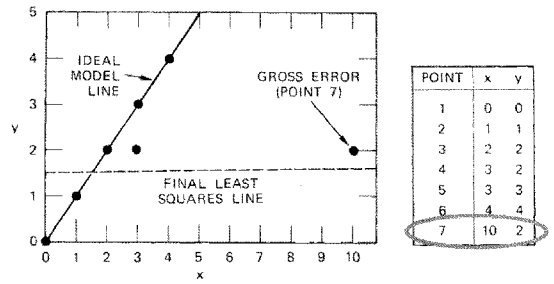


그림 8. 대형 오차

다. 아래 수식(3)은 RANSAC 알고리즘을 의미하는 것으로  $U$ 는 알고리즘의 입력 값인 데이터들의 집합이 된다. 이때  $|U|=N$ 이다. 함수  $f$ 는  $U$ 로부터 임의로 선택한 샘플  $S$ 를 사용하여 모델 파라미터  $p$ 를 계산하는 하나의 데이터 포인트  $x$ 를 위한 비용함수이다.  $p^*$ 는 출력값으로 비용함수가 최고치가 되는 모델의 파라미터들이 된다.

$$\begin{aligned}
 U &= \{x_i\} \\
 f(S) : S &\rightarrow p \\
 \rho(p, x) \\
 p^*
 \end{aligned} \tag{3}$$

RANSAC 알고리즘은 아래와 같은 흐름으로 처리된다.

- k := 0
- P{ 더 좋은 해가 존재 } <  $\eta$  될 때까지 반복 (C: 비용함수, : 반복 스텝의 번호)
- k := k+1
- 1. 가정
  - (1) 랜덤 데이터셋 선택  $S_k \subset U, |S_k|=m$
  - (2) 파라미터 계산  $p_k = f(S_k)$
- 2. 검증
  - (3) 비용함수 계산  $C_k = \sum_{x \in U} \rho(p_k, x)$
  - (4) 만일  $C^* < C_k$  라면  $C^* := C_k, p^* := p_k$

종료

여기에서 반복회수인  $k$ 를 결정하는 방법은 다음 수식(4)와 같다.  $p$ 가 참정합의 확률,  $P$ 가  $k$  번 시도 후에 성공할 확률을 의미한다.  $p^n$ 이 모두 참정합인  $n$ 개의 샘플인 경우  $1-p^n$ 은 실패인 경우를 뜻하며  $(1-p^n)^k$ 는  $k$  번 시도 후에 실패할 경우를 의미하게 된다.

$$\begin{aligned}
 P &= 1 - (1-p^n)^k \\
 k &= \frac{\log(1-P)}{\log(1-p^n)}
 \end{aligned} \tag{4}$$

### 3. 실험결과

#### 3.1 사용데이터

본 연구에 사용된 데이터는 다음의 표 1과 같다. 두 영

상 모두 5cm의 해상도를 갖는 FRAME 방식의 UltraCam X 영상으로 대전의 정부청사 부근을 촬영한 영상이다. 두 영상은 60%의 중중복을 갖도록 촬영되었다.

표 1. 사용데이터

ID	Type	Spatial Resolution	Image Size	Area	Date of Acquisition
00635	UltraCam X, FRAME	5cm	9420 x 14430	Daejeon, Korea	Apr, 26, 2007
00636	UltraCam X, FRAME	5cm	9420 x 14430	Daejeon, Korea	Apr, 26, 2007

#### 3.2 오정합 제거 결과

본 논문에서는 앞서 연구방법에서 설명했던 오정합 자동제거 알고리즘들의 성능을 분석하기 위해 영상정합 결과로부터 역방향 정합, 유사변환 오차 검증, RANSAC 알고리즘들을 적용하는 실험을 하였으며 추가적으로 역방향 정합 후 유사변환 오차 검증, RANSAC 알고리즘들을 순차적으로 적용하는 실험을 하였다. 영상정합 및 오정합 제거를 위해 사용되는 조건은 표 2와 같다. 영상정합 시 블록처리를 위한 블록의 크기는 두 영상의 중중복도를 고려하여 가로, 세로 1500 픽셀로 설정하였다. 이 블록의 크기는 정합 소요시간과 블록의 개수에 영향을 준다. 또한 블록의 크기는 정합점을 영상 전체에 고르게 분포시키기 위해 사용될 수 있다. 해리스 코너 검출 알고리즘의 코너 응답 함수에서 일정한 영역의 최대값을 찾아 코너점으로 결정할 때 필요로 하는 임계값은 100000으로 1500 픽셀 크기의 블록에서 코너점이 충분히 추출되는지 반복적인 실험을 통해 획득한 수치이다. 상호상관정합에서 여러 쌍의 점들에서 상관관계가 높은 점들만을 걸러내기 위해 기준이 되는 임계값은 0에서 1 사이의 값을 가지며, 본 실험에서는 0.99로 상관관계가 매우 높은 점들만을 정합점으로 선택하게 된다. 유사변환 오차계산 방법은 정합점들을 사용하여 2차원 다항식 변환(Polynomial Transformation)을 구성한 후 임의의 점을 이 수식에 적용하여 변환했을 때 원래 위치와의 오차가 계산되는데, 오차의 허용범위를 유

사변환 오차 임계값이라 하며 본 실험에서는 0.075으로 사용하였다.

아래의 표 3은 상호상관정합을 사용하여 자동적으로 추출된 초기 영상정합 결과를 나타낸 것이다. 500개의 점에 대해서 정합이 이루어졌으며, 이들 중 470개(94%)는 육안판독에 의해 참정합으로 분류되어 비교적 높은 정합률을 보인다. 하지만, 대량의 점들에 대해서 육안으로 판단하는 것은 많은 시간을 필요로 하며, 판독과정에서 발생하는 실수가 정확도에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 자동적으로 오정합을 제거할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 것이다.

표 3. 초기 정합 결과

항목	값
정합점 개수	500
참정합 개수(육안 판독)	470 (94%)
오정합 개수(육안 판독)	30 (6%)

실험의 결과는 표 4에서는 초기 영상정합 결과로부터 각각의 방법에 의해 오정합이 제거된 결과를 확인할 수 있다. 오정합의 제거율이 가장 높은 것은 3가지 방법을 순차적으로 적용한 방법으로 383개(76.6%)의 점들을 제거하였으나 RANSAC 알고리즘은 27개(5.4%)의 포인트만을 제거하였다. 오정합의 제거율이 높다하여 영상정합이 정확하게 된 것이라고는 할 수 없으므로 결과에서 오정합을 포함하고 있는지를 확인해야 할 필요가 있다. 오정합이 가장 적은 것은 3가지 방법을 순차적으로 적용한 방법으로 오정합이 2개(1.7%)이다. 그 외에는 역방향 정합이 13개(3.2%), 유사변환이 5개(3.7%), RANSAC 알고리즘이 약 18개(3.8%)이다. 다른 방법에 비해 3가지 방법을 순차적으로 적용한 방법이 많은 수의 오정합을 제거한 것을 확인할 수 있다.

표 2. 정합 조건

항목	값
블록 크기	1500 픽셀 × 1500 픽셀
해리스 코너 응답함수 임계값	100000
상호상관정합 임계값	0.99
유사 변환 오차 임계값	0.075

표 4. 오정합 제거 결과

	역방향 정합	유사변환	RANSAC	역방향 정합 + 유사변환 + RANSAC
초기 영상정합 결과	500	500	500	500
오정합 자동제거 개수	99 (19.8%)	93 (18.6%)	27 (5.4%)	383 (76.6%)
정합점 개수	401 (80.2%)	407 (81.4%)	473 (94.6%)	117 (23.4%)
참정합 개수(육안 판독)	388 (96.8%)	392 (96.3%)	455 (96.2%)	115 (98.3%)
오정합 개수(육안 판독)	13 (3.2%)	15 (3.7%)	18 (3.8%)	2 (1.7%)

그림 9는 역방향 정합, 유사변환, RANSAC 알고리즘을 순차적으로 사용하여 오정합이 제거된 정합결과이다. 그림 10은 영상정합 결과에서 제시했던 정합점들에 대해서 어떤 방법으로 제거 또는 유지되었는지를 확인할 수 있다. 아래의 점들은 자동 상호상관정합 방법에 의해 정합된 초기 정합점들로 오정합을 다수 포함하고 있다. 실험을 통해 점1, 점2, 점5, 점6의 경우 각각 다른 방법에 의해 제거되었고, 점3과 점4는 어떠한 방법으로도 제거되지 않았다. 점3과 점4가 제거되지 않은 이유는 기준영상 및 대상영상에서 유사한 형태가 반복되지 않으며 해당 영역에서 상관관계가 가장 높게 측정될 수 있는 점들이기 때문이다. 즉, 참정합인 경우이다.

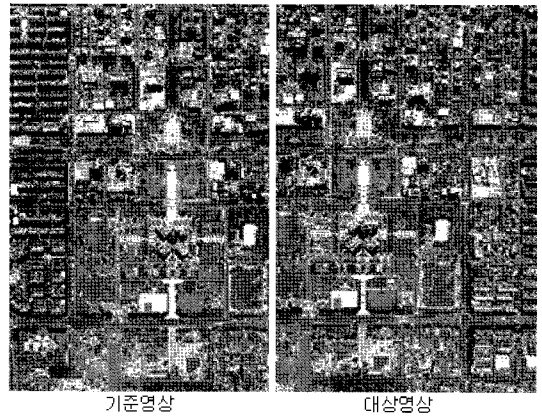


그림 9. 오정합 제거 결과

점1		점2		점3	
기준영상	대상영상	기준영상	대상영상	기준영상	대상영상
역방향 정합에 의한 제거		유사변환 오차계산에 의한 제거		참정합	
점4		점5		점6	
기준영상	대상영상	기준영상	대상영상	기준영상	대상영상
참정합		역방향 정합 + 유사변환 + RANSAC 알고리즘에 의한 제거		RANSAC 알고리즘에 의한 제거	

그림 10. 오정합 제거 결과

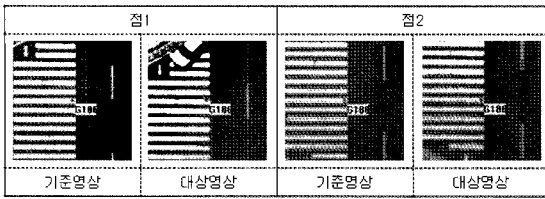


그림 11. 육안판독에 의한 오정합

표 4에서 보는 것과 같이 네 가지 방법 모두 오정합이 자동 제거된 이후에도 육안판독에 의한 오정합이 존재한다. 이들은 도로의 차선과 같이 유사한 형상이 인접하여 반복적으로 표현되는 지역에서 주로 발생하였으며, 그림 11은 이 오정합들을 나타낸 것이다. 실험결과에서 보는 것과 같이 오정합 제거를 위한 자동화 기법은 높은 정확도를 제공하긴 하지만 일부 오정합을 포함하는 한계가 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

최근에는 다양한 이유에 의해서 영상정합이 활발하게 이루어지고 있다. 일반적으로 초기 정합에서 얻어진 결과에는 대다수 오정합을 포함하게 되며, 이 오정합은 결과적으로 영상정합의 정확도를 떨어트리는 원인이 되기 때문에 제거되어야 한다.

본 논문에서는 중복영역 및 검색영역의 계산, 블록기반 처리 등과 같은 전처리 과정을 사용하여 빠르고 효율적인 영상정합을 수행하였으며, 초기 영상정합 결과에 포함되어 있는 오정합을 자동으로 제거하기 위해 역방향 정합, 유사변환 오차 계산, RANSAC 알고리즘을 사용하였다. 역방향 정합의 경우 영상의 화소 값에 대한 차이를 비교하는 상호상관정합을 역방향으로 사용하여 오정합을 제거하는 방법이고 유사변환 오차 계산의 경우 정합점들의 상대적인 위치 관계를 의미하는 변환 수식에 의해 오정합이 제거되는 방법이다. 또한 강인추정기법인 RANSAC 알고리즘의 경우 샘플을 랜덤하게 선택하여 모델을 수립한 후 반복적으로 오정합을 제거하는 방법으로 이들은 오정합을 판단하는 기준이 서로 다른 상호 보완적인 방법이라 볼 수 있다. 본 논문에서는 각각의 개별적인 방법 보다 3가지 방법을 순차적으로 함께 사용한 방법이 가장 적은 수의 오정합을 포함하게 된다는 것을 알 수 있었다. 하지만, 도로의 차선과 같이 유사한 형태가 인접하여 반복적

으로 나타나는 지역에서는 오정합이 존재하는 문제가 남아 있으며 이러한 문제를 해결하기 위해 알고리즘의 추가적인 보완이 필요하다.

결론적으로 오정합을 제거하기 위해 접근 방법이 다른 다양한 방법을 함께 사용함으로써 오정합의 제거율을 높일 수 있으며, 그로 인해 영상정합의 정확도를 향상시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 향후에는 오정합의 제거율을 더욱 향상시키기 위해 제거되지 못한 오정합들을 제거하기 위한 방법과 다양한 센서의 데이터들에서도 적용이 가능한 방법에 대해서 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신진흥원의 IT신성장 동력핵심기술개발 사업의 일환으로 수행되었음. [2007-F-042-01, 3차원 GIS기반 전파분석 고도화 기술 개발]

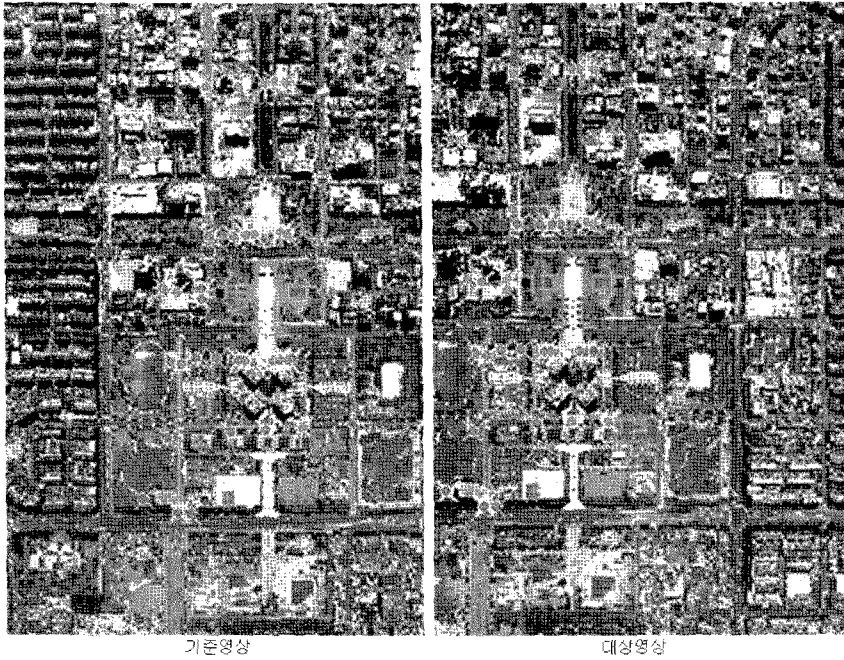
#### 참고문헌

- 김현숙, 이태윤, 김태정(2007), 정지궤도 기상위성의 자동기하보정, **대한원격탐사학회지**, 대한원격탐사학회, Vol. 23, No. 4, pp. 297-309.
- Ahn, Y., Shin, S., Schenk, T. and Cho, W.(2007), Registration of Aerial Image with Lines using RANSAC Algorithm, **Korean Journal of Geomatics, KSGPC**, Vol. 25, No. 6-1, pp. 529-536.
- Fischler, M., Bolles, R.(1981), Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, **Communications of the ACM**, 24(6): 381-395.
- Harris, C., Stephens, M.(1988), A Combined Corner and Edge Detector, **Proceedings of The Fourth Alvey Vision Conference, Manchester**, pp. 147-151.
- Kim, T., Im, Y.(2003), Automatic Satellite Image Registration by Combination of Stereo Matching and Random Sample Consensus, **IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing**, Vol. 41(5), pp. 1111-1117.
- Schenk, T.(1999), **Digital Photogrammetry Volume I, TerraScience**, pp. 231-300.

(접수일 2008. 11. 11, 심사일 2008. 11. 20, 심사완료일 2009. 01. 02)



부록 1. 오정합 자동제거 결과



역방향 정합 + 유사변환 오차 계산 + RANSAC 알고리즘을 함께 사용한 방법