

패치 정합에 의한 광학 및 레이다 위성영상의 자동 등록

Automatic Registration of Optical and Radar Satellite Imagery Using Patch Matching

강성봉¹⁾ · 김기열²⁾ · 유복모³⁾ · 유환희⁴⁾

Kang, Sung Bong · Kim, Ki Yeol · Yeu, Bock Mo · Yoo, Hwan Hee

- 1) 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정(E-mail : yonseikang@hanmail.net)
- 2) 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(E-mail : try789@hanmail.net)
- 3) 석곡관측과학기술연구원장(E-mail : Yeubm@sog.or.kr)
- 4) 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수(E-mail : hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

요 旨

위성 영상의 활용범위가 확대되면서 다양한 위성 센서로부터 위성영상이 제공되고 있다. 특히 최근에는 이기종 센서로부터 서로 다른 시간과 분광정보를 가진 영상의 자동 등록이 영상자료 분석을 위해 필요한 기술로 인식되고 있다. 본 연구에서는 Kompsat영상과 Radarsat영상을 이용하여 두 영상에서 공통으로 존재하는 패치(Patch)를 추출하고 그 패치의 중심점을 찾아 매칭하는 방법에 기초를 둔 자동영상 등록 기법을 제시하였다. 밝기 값분석을 통해 패치를 추출하고 추출된 패치를 모폴로지(Morphology)기법과 잡음요소 제거 기법을 적용하여 패치에 포함된 잡음을 제거하였으며, 비용함수를 이용한 패치매칭과 변환함수를 이용하여 자동영상등록을 실시하였다.

1. 서 론

지구 표면상의 지형요소들에 대한 형상(features)을 정확하게 인식하는 것은 그 특징을 도화하기 위해 사용되는 영상의 특징에 크게 좌우된다. 특정지역의 지도를 만드는데 한 가지 종류의 센서 자료를 사용하는 것은 충분하지 못하며 근래 점점 발달하고 있는 위성기술의 동향을 볼 때, 다중센서 자료를 사용하여 각각의 센서가 지니고 있는 고유한 특징을 통합하여 다각적으로 분석할 필요가 있다.

Radarsat 위성의 경우, 일반적인 광학 위성영상과는 달리 밤과 낮의 시간이나 구름과 같은 기상상태의 영향을 받지 않고 촬영

이 가능하며, 가시광선 대에서 얻을 수 없는 대상물의 특성을 얻을 수 있으므로 촬영 조건에 제약이 적은 장점이 있다.

Kompsat 위성은 중해상도의 광학 위성으로, 시각적으로 보이는 형상을 취득할 수 있으며 우리나라 위성으로서 자료의 접근과 취득이 용이하다. 또한 비교적 짧은 촬영주기와 Radarsat 영상에 비해 해상도가 뛰어난 장점이 있다.

이런 이유로 Radarsat 자료와 Kompsat 자료의 서로 다른 특징들을 통합하고자 한다. 자료의 통합(Data integration)은 다른 센서에서 나온 영상들을 통합하여 하나의 자료를 생성하기 위해 자료를 병합(merging)하는 과정이며, 이를 이용하여 병합된 영상

의 특징을 분석하는 것이다. 자료의 통합 과정에서 중요한 두 단계는 동일한 프레임 영상의 등록(Registration)과 지상에서의 동일한 지역에 해당하는 점의 값을 영상에 융합하는 자료 융합(Data fusion)이 있다. 자료의 통합은 자동화과정이 효과적이지만 프레임이 다른 영상의 등록에서는 일반적으로 수동처리가 필요하다. 이런 이유로 일련의 처리과정에서 지체현상이 발생하는데, 이 지체현상을 제거하고 공간 정보물의 안정성을 확보하기 위해서는 자동영상등록 기술을 개발할 필요가 있다. 본 연구에서는 이에 필요한 자동영상등록 기술을 개발하고자 한다.

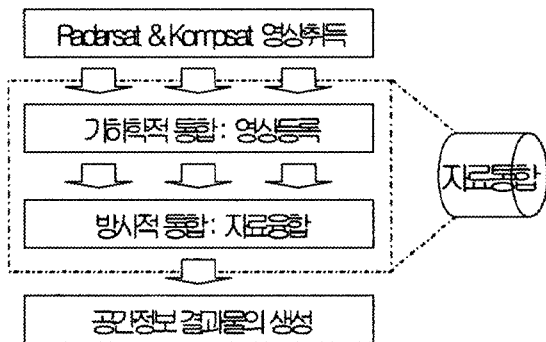


그림 1. 자료통합처리도

2. 영상자동등록 이론

영상 등록은 Radarsat 센서와 Kompsat 센서로부터 같은 시간 혹은 다른 시간에 취득된 다중영상들 간에 정확한 상호표정을 결정하는 과정이며 동일한 물리적인 영역을 가진 두 영상에서 동일점의 좌표를 취득하기 위해 두 영상을 정합하는 처리과정이다. 영상 등록과정의 한 부분으로 영상정합을 거친다. 영상정합은 중복영상에서 동일 대상물이 어느 위치에 있는지를 검색하는 과정이며, 변환 영상에서 기준 영상과 대응관계에 있는 패치를 구하는 것이다.

패치는 밝기값, 형상, 상징적인 관계나 기호특성 등을 포함한다. 기존의 연구에서는 영상의 센서 종류에 따라 알고리즘의 응용이 한정적인 등록 방법이 사용되었다. 그러나 본 연구에서는 Radarsat과 Kompsat 영

상에 적용할 수 있는 방법의 개발과 아울러 수동으로 접합점을 찾는 과정을 자동으로 처리할 수 있도록 하였다. 따라서 기존의 연구에서 강조하던 영상의 정합방법 분류나 변환기술보다는 Radarsat과 Kompsat 센서 영상에서 공통적으로 나타나는 패치를 찾고, 양쪽의 영상에서 정확한 접합점을 자동으로 추출하는데 중점을 두었다.

영상에서는, 실제 지형이 같은 곳이라도 센서의 종류에 따라 형태나 영상소의 밝기 값이 차이가 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 추출하고자 하는 영상의 히스토그램을 분석하여 임계값을 적용하는 방법을 이용하였다. 동시에 추출된 패치의 영역 경계정보를 이용하여 중심점을 계산하고, 추출된 중심점은 정합하고자 하는 두 개의 영상에서 접합점으로 사용하였다. 또한 중심점은 영상의 변환함수에서는 매개변수로 정의하였다.

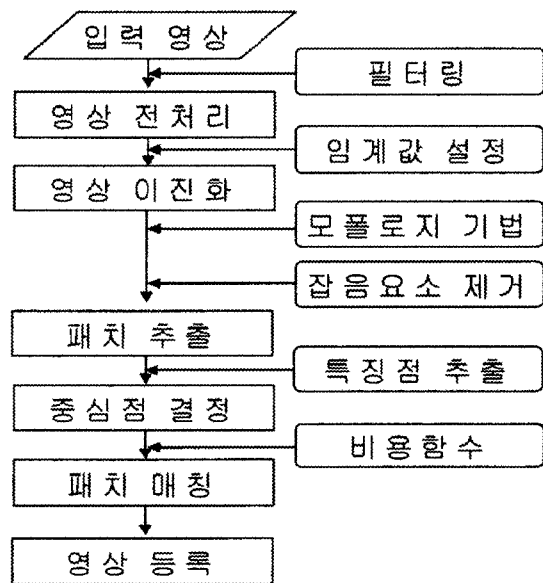


그림 2. 자동 영상 등록 흐름도

3. 패치 추출

자동 영상등록의 첫 번째 단계인 패치 및 경계정보 추출은 영상의 밝기값을 이용하는 것이다. 영상분석을 위해서는 여러 가지의 접근방법이 있는데 디지털 영상처리에서 가장 간단하면서도 유용한 도구중의 하나가

바로 히스토그램의 분석이다. 히스토그램을 이용하여 영상을 분석하는 방법 중의 하나는 임계값을 이용한 이진화이다. 임계값은 영상에서 경계값이라고 볼 수 있으며 특정 정보추출을 위해서 영상의 특징을 나눌 때 기준으로 설정하는 값이다. 이는 패치와 배경을 분리할 수 있으며, 일정한 농도값 이상의 픽셀들만 추출할 수 있기 때문에 영상의 전체적인 정보를 간략화 할 수 있다. 그리하여 특정한 형태의 패치와 같은 초기 주요소를 추출할 수 있었다. 추출된 패치의 형태에서 나타나는 모서리를 이용하여 경계 정보를 추출하였다.

영상에서 지형지물을 추출하기 위한 자동 추출 알고리즘이 기존의 연구에서 많이 수행되었으나 아직까지 그 영향력은 미미한 실정이다. 그 이유는 완전 자동법으로는 여러 상황에 만족할 만한 결과를 얻을 수 없기 때문에 자동으로 취득된 결과는 부가적인 처리를 거쳐야 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다. 이와는 대조적으로 반자동 방법은 완전자동법에 비해 그 결과는 양호하나 컴퓨터와 운영자간에 최적화된 결과를 얻기 위한 수작업을 해야하는 어려움이 있다.

3.1 형태 모폴로지 기법

자동영상등록을 위해 추출한 패치의 경우 그 형태가 실제의 지형요소와는 다르게 확장되거나 축소되어 나타난다. 또한 추출을 원하지 않는 작은 패치가 여전히 존재하기도 한다. 이때 추출된 패치를 원래의 모습과 유사하게 복원시키거나 원하지 않는 작은 패치를 잡음으로 간주하여 처리하는 방법의 한 종류로써 형태처리 모폴로지 방법을 들 수 있다. 모폴로지 방법은 많은 부분에서 활용도가 높고 접근 방법에 따라 매우 높은 성과를 기대할 수 있으며 전체 영상에서의 기본적인 특성을 유지하면서 형태의 변화를 가져 올 수 있다. 모폴로지 방법은 영상에서 나타나는 잡음을 제거할 수도 있고, 선형 향상을 위해서도 사용할 수 있다. 모폴로지 방법에는 이진 영상에서의 모폴로지 방법과 그레이 영상에서의 모폴로지 방

법이 있다. 그 중 본 연구에서는 밝기값 분석으로 임계값을 설정하여 이진화한 영상의 모폴로지 방법을 이용하였다.

3.1.1 침식(Erosion) 연산

침식연산은 배경을 확장시키고 패치의 크기를 축소하는 역할을 한다. 침식연산은 주로 패치와 배경사이의 스파크 잡음 제거와 같이, 전체 영상에서 아주 작은 잡음을 제거하거나 또는 전체 영상에서 배경확장에 따른 패치를 축소하는 역할을 한다.

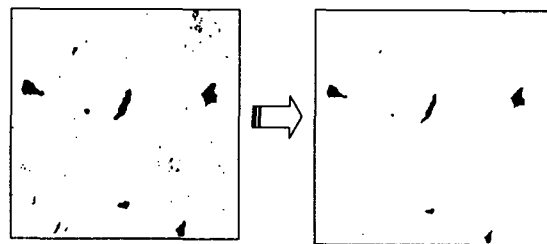


그림 3. 모폴로지 침식 처리 영상

3.1.2 팽창(Dilation) 연산

팽창 연산은 패치의 최 외곽 픽셀을 확장시키는 역할을 한다. 따라서 패치의 크기는 확장되고 배경은 축소된다. 팽창 연산은 패치 안의 홀과 같은 빈 공간을 채우는 역할을 하거나 서로 짧은 거리만큼 끊어진 영역을 연결시켜준다. 그림은 모폴로지 연산 수행전의 이진화 영상과 잡음이 제거된 후 복원된 영상을 비교한 것이다. 패치의 형태는 같지만 잡음 요소로 간주되었던 작은 패치들이 제거된 것을 알 수 있다.

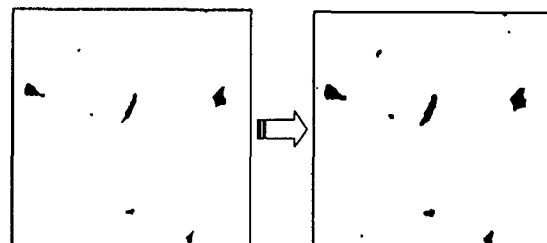


그림 4. 모폴로지 팽창 처리 영상

3.1.3 제거(Opening)연산

제거연산은 침식연산 다음에 팽창연산을 곧바로 사용하는 알고리즘이다. 즉, 원 영상

을 침식연산으로 영상의 최 외각을 한 픽셀 씩 없애고 다시 팽창 연산으로 최 외각을 한 픽셀씩 확장시키는 방법이다. 언뜻 보기에 한 픽셀씩 없애고 다시 확장시키면 원래의 영상이 될 것 같지만 그렇지 않다. 침식 연산을 사용한 영상은 원 영상의 크기를 잃어버리는 단점을 가지고 있지만 제거 연산은 침식 연산으로 미세한 잡음을 제거하고 다시 팽창연산을 수행함으로써 원 영상의 크기를 유지할 수 있다.

3.1.4 채움(Closing) 연산

채움 연산은 제거 연산의 반대의 기능을 가지고 있다. 물론 침식 연산과 팽창 연산을 적당히 조합하여 쓰는 것은 같지만 조합 순서가 제거 연산과 반대이다. 채움 연산은 팽창연산으로 물체의 확장을 수행한 뒤 침식연산으로 다시 축소 연산을 행한다. 이 채움 연산은 확장이 먼저 일어나므로 작은 홀들은 채워지고 축소 작용 때에 원 영상의 크기로 복원된다.

제거 연산과 채움 연산은 각 패치의 윤곽선을 최대한 유지하는 장점을 가지고 있으나 작은 잡음들을 제거하는 것은 어려움으로 여기서는 침식연산을 적용하고 난 이후 팽창연산을 적용함으로써 잡음들을 제거하였다.

3.2 잡음요소 제거 기법

영상을 이진화하면 패치와 여러 가지 잡음들이 생긴다. 어느 정도 적은 수의 픽셀을 가지는 잡음들은 위의 모폴로지 기법을 적용하면 제거할 수 있다. 그러나 폴리곤 형태의 작은 패치들은 제거되지 않기 때문에 여기서는 다음과 같은 방법으로 제거하였다.

3.2.1 마스크 연산자 기법

모폴로지 기법으로 제거되지 않은 잡음들을 제거하는 알고리즘으로써, 마스크 연산자 기법에서 아래와 같이 5×5 와 7×7 마스크가 있다.

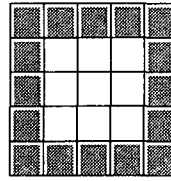


그림 5. 5×5 마스크

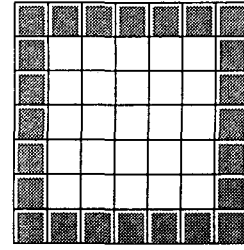


그림 6. 7×7 마스크

여기서 5×5마스크의 경계부분 픽셀들이 모두 비슷한 밝기 값을 가졌다면 경계 안에 있는 9개의 픽셀들의 이전 밝기 값들은 모두 무시되고 경계 부분의 밝기 값과 같은 밝기 값으로 채워지게된다. 7×7 마스크도 같은 알고리즘이다.

3.2.2 폴리곤 제거 기법

이 방법은 마스크 연산자 기법으로 제거하지 못하는 길고 약한 폴리곤을 제거할 수 있는 알고리즘으로, 사용자가 미리 폴리곤의 최소 크기를 정의해 두고 이 크기 보다 작은 폴리곤을 모두 제거하는 방법이다.

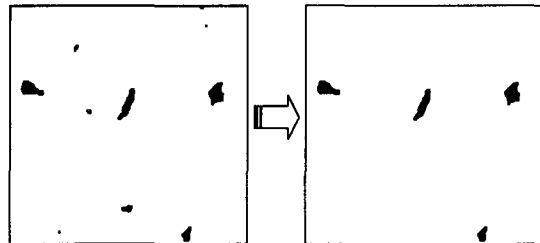


그림 7. 폴리곤 제거 기법 처리 영상

4. 패치 매칭

패치 매칭(Matching)에서 기준영상의 특정한 하나의 패치가 변환영상의 전체 패치와 중심점을 위주로 하는 매칭에서 서로 비슷한 형태의 패치라는 것을 인식시켜 주기 위해 비용함수를 사용하였다.

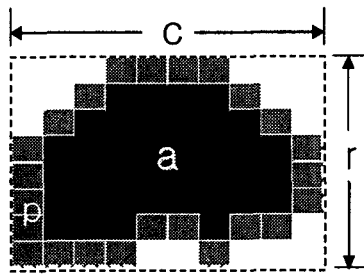


그림 8. 패치의 면적, 둘레, 패치를 둘러싼 사각형

비용함수는 다음 식으로 표현된다.

$$\Gamma = \sqrt{\left| \frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2} \right| + \left| \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2} \right| + \left| \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2} \right| + \left| \frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} \right|} \dots\dots\dots(식1)$$

식1에서 Γ : 비용함수 값, a_i : 패치의 면적, p_i : 둘레 길이, r_i : 사각형 세로 (row 픽셀), c_i : 사각형 가로(column 픽셀) 이다.

식1은 다른 성분들 보다 면적 구성성분의 영향이 더 크기 때문에 모든 구성 요소가 같은 차원을 가질 수 있게 면적 구성 요소에 제곱근을 취하여 각 구성성분 차이를 정규화 하였다.

5. 결과 분석

각 영상의 임계화로 인한 이진화를 통해 나타난 패치들의 중심점을 접합점으로 하여 자동영상등록한 결과는 다음과 같다.

5.1 연구대상 위성영상 자료

그림 9와 10은 연구대상 지역인 평택지역을 촬영한 KOMPSAT영상과 RADARSAT 영상이다. KOMPSAT 영상은 2000년 5월 8일 11시경 촬영한 것으로 해상도 6.6m이며, Radarsat영상은 1998년 8월 12일 18시경 촬영한 것으로 해상도는 약 30m이다.

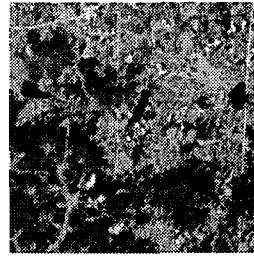


그림 9. KOMPSAT 영상

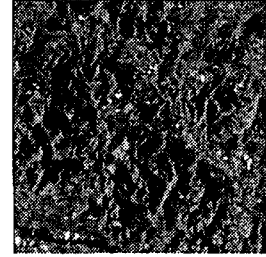


그림 10. RADARSAT 영상

5.2 밝기값 임계설정에 의한 패치 추출

본 연구에서는 명확한 패치를 추출하기 위해 영상의 전처리 과정으로 미디언 필터링 처리를 거친 후, 패치를 추출하였다. 히스토그램을 분석한 영상에 임계값을 적용하여 이진화한 이후, 패치를 추출하는 방법을 이용하였다. 이 방법은 빛의 산란이나 기타 이유로 인해서 동일지역임에도 불구하고 밝기값의 편차가 있는 영상에서 패치를 추출할 때도 유효한 효과가 있다. 따라서 동일 센서는 물론, 다중센서 영상에서도 적용이 가능하다. 그림 11과 그림 12는 이진화된 실험 영상에서 패치를 추출한 것이다. 추출된 지형요소의 경계정보를 구하고 중심점을 계산하여 이것을 접합점으로 사용하였다.



그림 11. KOMPSAT 영상과 지형요소 추출 및 경계정보 표시



그림 12. RADARSAT 영상과 지형요소 추출 및 경계정보 표시

5.3 중심점 계산

중심점 계산은 추출된 패치의 경계정보를 이용해서 계산하였다. 그림 13은 두개의 영상에서 추출된 패치의 중심점을 비교한

것이다. 패치의 형태에 따라 약간의 차이는 있지만 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 계산된 중심점은 두 영상의 정합에서 접합점으로 사용되었으며, 영상재배열을 위한 변환함수의 매개변수를 계산하는데 기준점으로 사용되었다.

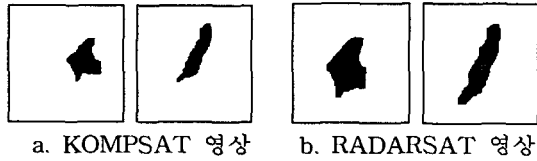


그림 13. KOMPSAT 영상과 RADARSAT 영상에서 추출된 중심점의 비교

5.4 영상등록 및 오차계산

부등각사상변환(Affine Transformation)을 이용하여 영상을 변환하였으며, 영상의 재구성에서는 공일차 보간법을 이용하였다. 등록된 영상의 평균제곱근오차는 수평위치에서 2~3 영상소를 나타내었다.

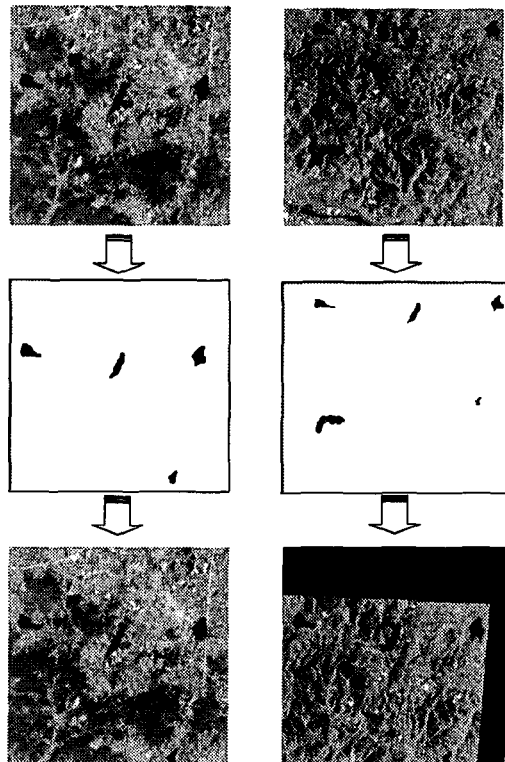


그림 14. KOMPSAT 영상을 기준영상으로 한 RADARSAT 영상의 등록

6. 결론

첫째, 이기종센서 영상인 RADARSAT 영상과 KOMPSAT 영상을 통합하기 위해 패치를 추출하여 중심점을 찾고 그 중심점을 접합점으로 사용하여 영상등록을 할 수 있는 패치 매칭에 의한 영상등록 기법을 제시하였다.

둘째, 패치 매칭을 위해 본 연구에서는 모폴로지 기법을 적용하여 패치의 잡음제거를 실시하였으며 마스크 연산자를 이용하여 작은 패치를 제거하였고 영상등록의 정확도는 2~3 영상소 이었다.

참고 문헌

1. 유복모(2001). 현대디지털사진측량학, 문운당.
2. 유환희, 송영선, 성재열(1999) 대축척 정사투영영상 생성을 위한 건물폐색보정, 대한토목학회논문집, 19권, III-2호, pp.305~312.
3. 조형진, 진경혁, 유복모, 유환희(2002). 광학 및 레이더 위성영상의 자동등록, 한국측량학회, 추계학술발표논문집, pp.157~164.
4. 장동혁(2001). 디지털 영상처리의 구현, 정보게이트.
5. 조형진, 진경혁, 유복모, 유환희(2002). Radarsat 영상과 Kompsat 영상의 자동등록, 대한토목학회발표회, CD-ROM.
6. Paul M. Dare(2000) New Techniques for the Automatic registration of Microwave and Optical Remotely Sensed images, Ph.D dissertation, University of London, Gower Street London, UK.