

연구논문

다해상도 웨이블릿 분석 기법을 이용한 영상 모자이크 Image Mosaic using Multiresolution Wavelet Analysis

양인태* · 오명진** · 이인엽***
Yang, In-Tae · Oh, Myung-Jin · Lee, In-Yeub

요 旨

최근 위성 탑재 센서의 종류와 영상의 공간해상도가 다양해지고 서로 다른 시기에 관측 수집된 영상자료를 모자이크 하여 지형공간정보체계(GIS)와 같은 응용분야에서의 활용에 대한 필요성이 점차 커지고 있다. 영상 모자이크에는 영상정합, 분광정보 조정과 같은 다양한 기법들이 필요하다. 웨이블릿 변환 기반 영상정합 기법을 적용하여 영상 모자이크의 자동화에 대해 연구하고자 하였다. 본 논문에서는 폴리곤 클리핑 기법을 적용하여 두 영상에서 중복 영역을 추출하고자 중복영역에 대하여 영상 기반 정합과 영역 기반 정합을 동시에 적용하는 웨이블릿 변환 기법을 이용함으로써 자동으로 접합점을 추출하였다. 또한 영상 모자이크를 수행함에 있어서 두 영상의 분광 정보를 조정하기 위한 방사 보정기법은 히스토그램 정합 기법을 적용하여 연구 분석하였다. 본 연구에서 적용한 폴리곤 클리핑 기법 결과로 중복영역과 모자이크 영역을 자동으로 추출할 수 있었다. 그리고 다해상도 웨이블릿 분석 기법을 이용하여 특징점에 대해 영상정합을 수행하고 이를 이용하여 모자이크 접합선을 추출한 결과 접합부분에서 불연속 부분 없이 모자이크 영상을 생성할 수 있었다.

핵심용어 : 다해상도 웨이블릿 분석, 영상 정합, 모자이크 접합선, 폴리곤 클리핑, 히스토그램 정합

Abstract

By the advent of the high-resolution Satellite imagery, there are increasing needs in image mosaicking technology which can be applied to various application fields such as GIS(Geographic Information system). To mosaic images, various methods such as image matching and histogram modification are needed. In this study, automated image mosaicking is performed using image matching method based on the multi-resolution wavelet analysis(MWA). Specifically, both area based and feature based matching method are embedded in the multi-resolution wavelet analysis to construct seam line.; seam points are extracted then polygon clipping method are applied to define overlapped area of two adjoining images. Before mosaicking, radiometric correction is proceeded by using histogram matching method. As a result, mosaicking area is automatically extracted by using polygon clipping method. Also, seamless image is acquired using multi-resolution wavelet analysis.

Keywords : Multiresolution Wavelet Analysis, image matching, mosaicking seam line, polygon clipping, histogram matching

1. 서 론

인공위성의 탑재센서의 종류와 해상력이 다양해짐에 따라 각기 다른 센서와 다른 날짜에 관측 수집된 영상데이터를 수치적으로 모자이크하여 활용할 필요성이 점차 커지고 있다. 위성영상은 기존의 항공사진에 비해 광역 지역에 대한 자료처리가 용이하고 주기적인 자료 취득으로 빠른 자료 갱신이 가능하다. 최근에는 위성영상의 공간해상도가 향상되고 다양한 위성영상이 출현하고 있

으며, 위성영상을 이용하여 광역의 지형을 분석할 경우, 모자이크가 중요한 과제로 대두되고 있다.

일반적으로 영상 모자이크에서 접합점을 추출하는 방법은 두 영상에서 특정 객체를 중심으로 유사성을 판단하는 영상 기반 정합 기법을 많이 이용하고 있으며, 이를 통해 모자이크 대상 영상들의 기하학적 왜곡을 보정하면서 모자이크 한다.

국내외적으로 모자이크와 관련된 연구동향을 살펴보면, Albert L, Zobrist 등(1983)이 Landsat TM자료를 이

2004년 5월 24일 접수, 2004년 6월 8일 채택

* 정회원, 강원대학교 토목공학과 (intae@kangwon.ac.kr)

** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정 (mjoh@kyungbok.ac.kr)

*** 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정 (hansol6595@hanmail.net)

용하여 미국 서부지역에 해당하는 2개의 영상을 수치 모자이크 하였으며, Miller(1989)는 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)위성으로부터 취득된 영상자료를 이용하여 사우디아라비아 전역을 대상으로 영상 모자이크하였다. 그리고 Afek와 Brand(1998)은 항공사진의 기복변위가 보정된 영상을 생성한 후 이 영상이 기복변위가 보정되지 않은 영상보다 디지털 모자이크 정확도가 우수하였음을 제시하였다. 국내의 연구로는 김정규 등(1986)이 Landsat MSS자료를 이용하여 기하보정을 수행한 후 각종 노이즈가 제거된 한반도 전역의 수치 칼라 모자이크 영상을 작성하였다. 그리고 안기원 등(1998)은 영상의 밝기값을 이용하여 Landsat TM과 SPOT XS를 자동접합 기법으로 디지털 모자이크 영상을 생성하였다. 또한 유복모 등(2000)은 접합선 탐색 및 평활화 기법을 이용하여 수치고도모형 모자이크를 작성하였다.

본 연구에서는 서로 다른 시간에 촬영되고 각기 다른 기하학 조건을 가진 위성영상을 효과적으로 모자이크 할 수 있는 기법에 대해 연구하고자 한다. 모자이크 대상 위성영상의 중복 영역에 대해 영상 정합 기법을 적용하여 두 영상에서 접합점(tie point)을 추출하고 접합점들을 따라 접합선(seam line)을 생성한 후 두 영상에 대해 모자이크를 수행한다. 폴리곤 클리핑 기법을 적용하여 두 영상에서 중복 영역을 자동으로 추출하였으며 중복영역 대한 영상 정합은 최근 여러 분야에서 활용되고 있는 다해상도 웨이블릿 분석 기법을 적용하여 접합점을 추출하였다. 그리고 최종적으로 영상 모자이크를 수행함에 있어 두 영상의 분광 정보를 조정하기 위한 방사 보정은 히스토그램 정합 기법을 적용하였다. 그림 1은 본 연구에서 수행 연구방법과 과정을 도식화 한 것이다.

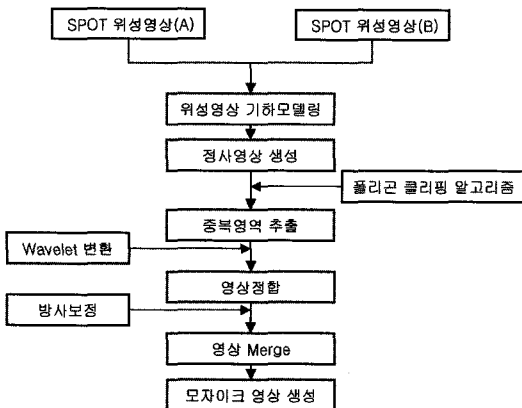


그림 1. 연구방법 및 연구과정

2. 영상 모자이크

2.1 중복 영역 추출

영상 모자이크를 수행하기 이전에 모자이크 대상 위성 영상이 정사보정이 수행된 영상이므로 영상의 경계부분에 대해 폴리곤 형태로 구성하여 폴리곤 클리핑 알고리즘을 적용함으로써 중복 영역을 자동으로 추출할 수 있다. 또한 중복 영역을 추출하면서 두 영상의 개략적인 접합선이 결정되고 접합선을 중심으로 좌우 영역이 결정된다.

그림 2는 폴리곤 클리핑에 의한 중복영역 추출을 나타낸 것이다.

2.2 접합점 추출

본 연구에서 사용한 접합점 추출은 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 다해상도 웨이블릿 분석 기법을 이용하였으며, Fonseca(1997)가 제안한 알고리즘을 바탕으로 부분적으로 다른 방법을 이용하여 SPOT 위성영상에 적용하였다. 접합점은 두 영상에서 동일한 점으로 접합선을 추출하기 위한 절점(vertex)으로 이용된다. 다해상도 웨이블릿 분석 기법의 경우, 영상에 대해 고주파 영역과 저주파 영역으로 분리하기 때문에 영상 정합, 특히 자동 영상 정합 연구 분야에서 많이 활용되고 있는 기법이다.

2.2.1 다해상도 웨이블릿 분석

Fourier 변환과 함께 웨이블릿 변환은 기저 요소함수 웨이블릿 상에서 신호의 분해(decomposition)를 수행한다. 기저함수는 모웨이블릿(mother wavelet)이라 불리는 신호함수 ψ 의 확장/축소(dilation 혹은 scale)와 천이(translation)에 의해 형성된다.

$$\psi_{a,b} = |a|^{-1/2} \psi [(x-b)/a] \tag{1}$$

여기서, $a, b \in \mathbb{R}$, $a \neq 0$ 의 조건을 만족하며, a 는 확장/축소, b 는 천이와 관련된 변수이다. 다양한 모웨이블릿이 존재하며, 이러한 것들은 시간과 주파수영역에서 좋

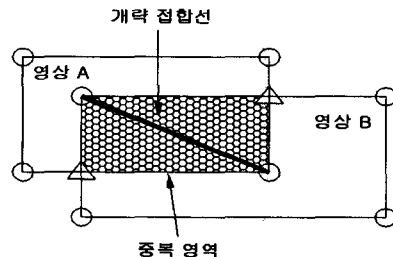


그림 2. 폴리곤 클리핑에 의한 중복영역 추출

은 해상력으로 특징지어진다. 1차원에서 함수 $f(x)$ 의 연속 웨이블릿 변환은 식 (2)와 같다.

$$WT_f(a, b) = \langle f, \psi_{a,b} \rangle = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \quad (2)$$

신호 $f(x)$ 의 a 와 b 에 대한 웨이블릿 변환은 $f(x)$ 의 국부적인 표현을 제공하며, 상세한 정보는 웨이블릿 계수(coefficient) $WT_f(a, b)$ 에 의해 표현된다. 또한 이러한 웨이블릿 계수로부터 역 변환을 통해 원래의 신호로 정확하게 복원된다.

$$f(x) = \frac{1}{C_\psi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} WT_f(a, b) \psi_{a,b}(x) \frac{da db}{a^2} \quad (3)$$

영상에 대한 다해상도 분석은 원 영상을 스케일 함수(scale function) 및 웨이블릿 함수를 이용하여 분해한다. 이 경우 영상은 세부계수(detail coefficient)라 불리는 영역과 근사계수(approximation coefficient)라 불리는 영역으로 표현된다.

그림 3은 웨이블릿 변환을 통한 다해상도 분석의 피라미드 알고리즘을 설명하고 있다. 피라미드의 최하위구조는 원 영상을 의미하며, 피라미드의 각 단계는 원 영상으로부터 웨이블릿 변환을 통해 생성된 근사영상들이다. 피라미드의 상위단계로 갈수록 공간 해상력이 점차 낮아진다. 근사영상들은 스케일 함수에 의해 생성되며, 이러한 웨이블릿 변환은 두 개의 연속되는 근사영상들 사이에 존재하는 차이를 표현할 수 있다. 또한, 다해상도 분석의 역 변환을 통해 하나의 근사영상과 세부영상들로부터 원 영상으로 정확하게 복원할 수 있다.

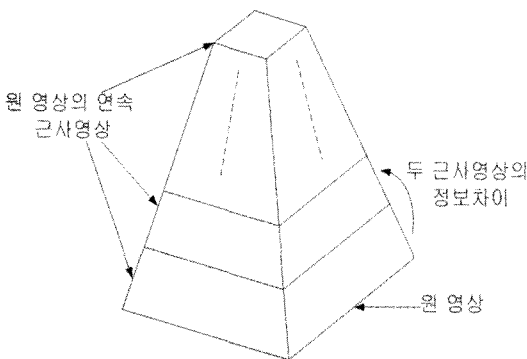


그림 3. 웨이블릿 변환과 결합된 다해상도 분석 피라미드

2.2.2 다해상도 웨이블릿 분석을 통한 영상 정합

영상 정합은 원격탐사 분야에서 기본적인 영상처리중 하나이다. 많은 영상자료가 다른 센서로부터 수집되면서 다중 센서/다중 분광 영상의 자동화된 영상등록이 요구되고 있다. 또한, 자료의 다양성으로 인하여 단일 영상등록 기법은 다른 많은 응용분야에서 만족스럽지 못한 결과를 초래한다. 본 연구에서 사용한 영상 정합 과정은 다음과 같은 세 단계로 구분된다.

- i) 영상에서 특징점 추출
- ii) 하나의 영상에서 각 특징점은 다른 영상에서 일치하는 잠재적인 형상들과 비교. 유사한 속성을 가진 한 쌍의 형상은 정합점으로 선택
- iii) 이전 단계에서 획득된 정합점들을 사용하여 영상들 사이의 최적의 변환 매개변수 결정

특징점 추출은 웨이블릿 변환 결과 영상에서 국부 최대 계수(local modulus maxima of wavelet transform)를 사용하며 특징점들을 검색하는 과정은 저해상-고해상(coarse-to-fine) 순서로 수행된다. 특징점들이 추출되면 각 특징점들 간의 상관계수를 비교하여 상관성이 가장 높은 점들이 정합점으로 선택된다.

2.3 접합선 설정

두 영상의 중복 영역에 대해 좌우 영상으로부터 일정 영역을 추출하기 위해 두 영상이 접합된 경계선을 설정하는 과정이 필요하다. 이전 단계에서 두 영상의 접합점이 결정되면 접합선을 설정하는 것은 접합선의 시작점과 끝점에 이르는 경로가 가장 짧은 점들을 연결함으로써 결정된다. 이것을 최단 경로 탐색이라 하는데 대표적으로 많이 이용되는 방법이 Dijkstra 알고리즘이다.

최단경로의 탐색은 출발점과 도착점의 유형에 따라 단일 출발점 최단경로 문제, 단일 쌍 최단경로문제, 단일 도착점 최단경로 문제, 모든 쌍 최단경로 문제 등이 있다. 단일 출발점 최단경로 문제는 한 출발점에서 다른 모든 정점으로서의 최단경로를 구하는 문제로서 음의 가중치를 갖는 간선이 없다고 가정한 알고리즘이며, 모든 쌍 최단경로 문제는 모든 정점쌍 간의 최단경로를 구하는 문제로 경로의 길이가 음인 사이클이 그래프에 존재하지 않는 것으로 가정한 알고리즘이다.

최단경로탐색의 알고리즘으로서 E. F. Moore의 알고리즘이 예로부터 알려지고 있으며, 여러 가지 최단경로 알고리즘 가운데서 Dijkstra의 지정된 한 절점으로부터 여러 개의 다른 절점까지의 최단경로 즉, 단일 출발점 최단경로 문제의 해결을 위한 알고리즘이 있으며, Floyd-

Warshall의 여러 개의 절점으로부터 여러 개의 다른 절점까지의 최단경로를 찾는 알고리즘이 있다.

Dijkstra 알고리즘은 출발점을 하나 고정하여 그 출발점과 다른 모든 정점사이의 최단경로를 구하는 단일 출발점 최단경로 문제를 위한 알고리즘으로, 한 출발점에서 다른 모든 정점으로의 최단경로를 구하는 알고리즘이다.

2.4 모자이크 영역 추출

모자이크 영역 추출 알고리즘은 우선 접합선 내의 각 직선성분에 대해 그 길이를 일정 길이만큼 확장하고 그 직선에 직교하는 직선을 추출한다. 그리고 확장된 직선의 양 끝을 지나고 수직 교차하는 직선에 평행한 두 직선과 확장된 직선과 평행한 두 직선으로 이루어진 직사각형을 형성한다. 이와 같은 과정으로 접합선 내에 다른 모든 직선에 대해 적용하게 되면 접합선 내의 직선 성분의 개수만큼 직사각형이 생성되고 이들은 모두 서로 일정 중복도를 지니게 된다.

3. Results

3.1 영상 모자이크

본 연구에서 영상 모자이크를 위해 사용한 위성영상은 SPOT-1 위성영상과 SPOT-2 위성영상이다. 먼저 각각의 영상에 대해 지상기준점을 이용하여 기하보정을 수행하고 1/5,000 수치지도도형을 이용하여 정사영상을 생성하였다. 그림 6과 그림 7은 영상 모자이크를 수행하는데 사용한 SPOT-1호 정사영상을 나타내고 있다. 두 정사영상에서 그림 6이 그림 5 영역을 모두 포함하고 있기 때문에 영상 모자이크가 불필요하지만 본 연구에서 제시한 알고리즘을 적용하기 위해 중복영역에 대해 좌우 영상에서 각각 추출하여 영상 모자이크를 수행하였다. 두 영상에서 중복 영역이 추출되면 두 중복 영상에 대해 특징점을 탐색하여 접합점을 추출한다.

그림 5에서 보듯이 두 정사영상의 중복도는 거의 90%

에 이르며 웨이블릿 변환을 이용하여 추출한 접합점을 이용하여 접합선을 형성하였다. 그런 다음 접합선을 이용하여 모자이크 영역을 추출하기 위해 직사각형 형태의 폴리곤들을 형성하고 폴리곤 클리핑 기법을 적용하여 정확한 모자이크 영역을 추출하였다. 그림 8은 모자이크 영역 추출 결과의 폴리곤을 나타내고 있다.

그림 9는 모자이크 영역 폴리곤을 이용하여 좌측 영상으로부터 해당 영역을 추출하여 생성한 영상이며 그림 10은 우측 영상에서 해당 영역을 추출하여 생성한 영상이다.

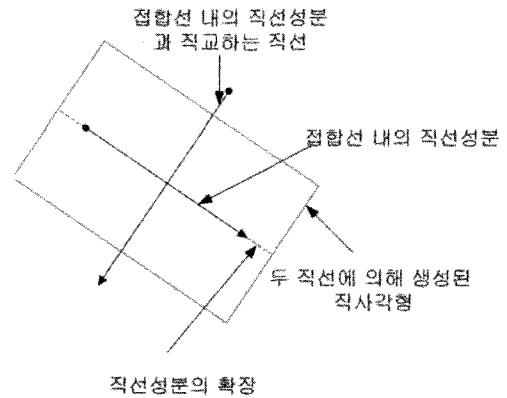


그림 4. 모자이크 영역 추출 개념

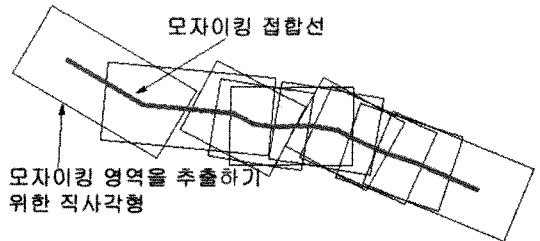


그림 5. 모자이크 영역을 추출하기 위한 직사각형 형성

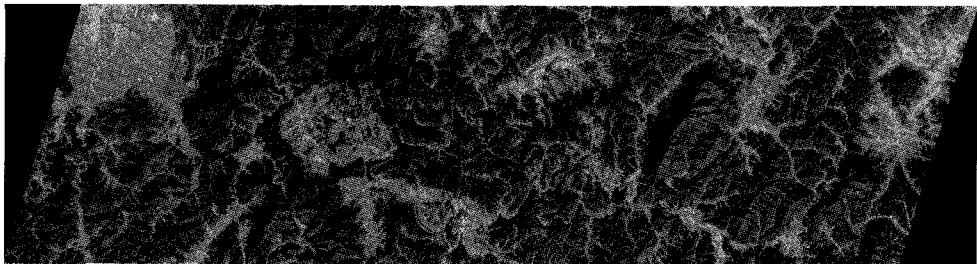


그림 6. 영상 모자이크 대상 영상(좌측 영상)

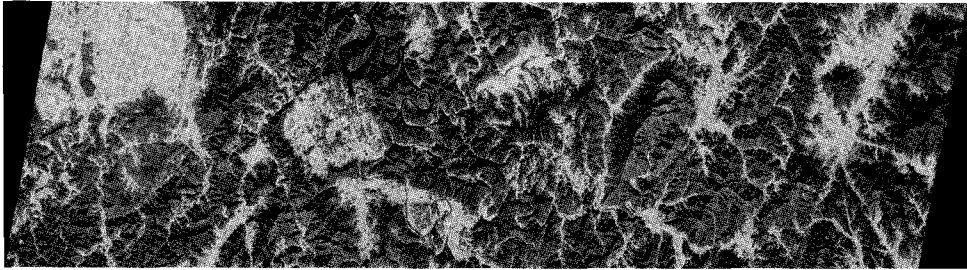


그림 7. 영상 모자이크 대상 영상(우측 영상)

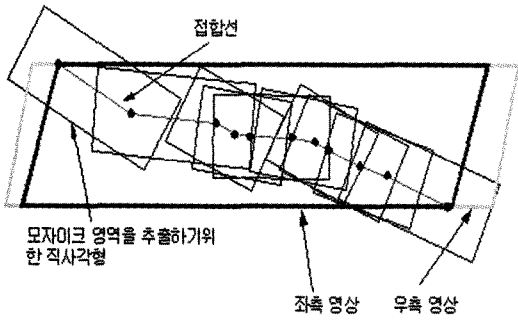


그림 8. 영상 모자이크를 위한 폴리곤 도식

3.2 영상 모자이크 수행결과

영상 모자이크를 수행함에 있어 우선 중복 영역을 추출하고 그런 다음 접합점을 추출하기 위해 영상 정합을 수행한다. 본 연구에서는 웨이블릿 변환 기법을 적용하여 접합점을 추출하고 접합선을 생성하여 실제 영상 모자이크 영역을 추출한다. 그리고 최종적으로 영상 모자이크를 수행함으로써 두 영상의 결합된 영상이 생성된다.

그림 11은 최종적으로 영상 모자이크 결과를 나타낸 것이다. 본 연구에서 제시한 알고리즘을 바탕으로 영상 모자이크를 수행한 결과 두 영상의 접합부분에서 영상소 값 이상 변이를 제거할 수 있었다.

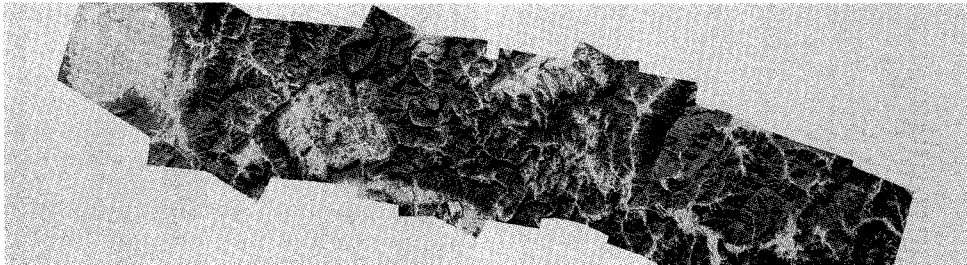


그림 9. 좌측 영상으로부터 추출한 모자이크 영역

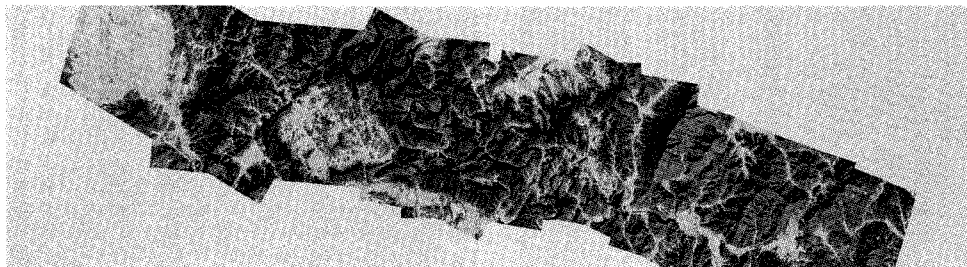


그림 10. 우측 영상으로부터 추출한 모자이크 영역

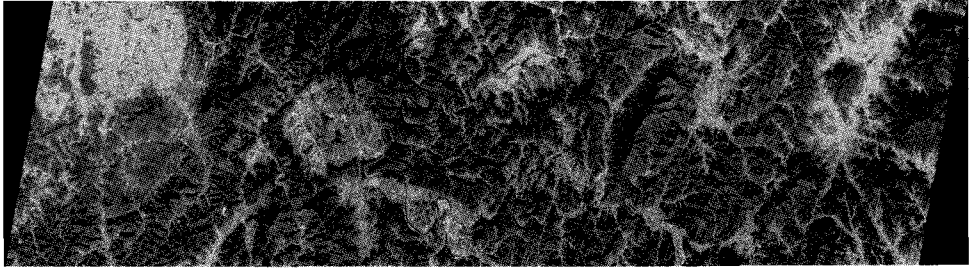


그림 11. 최종 영상 모자이크 결과

5. 결 론

본 연구에서는 폴리곤 클리핑에 의해 중복영역의 추출과 다해상도 웨이블릿 분석 기법을 이용한 영상 정합으로 모자이크 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 폴리곤 클리핑 기법을 이용하여 영상 모자이크를 수행함으로써 중복영역과 모자이크 영역을 자동으로 추출할 수 있었다.
2. 다해상도 웨이블릿 분석 기법을 이용하여 영상을 계층적으로 분할함으로써 영상 정합을 수행하였으며, 결과적으로 빠르고 정확하게 공역점을 추출할 수 있었다.
3. 영상 모자이크에서 접합선을 추출할 때 특징적인 점들을 이용하여 구성함으로써 모자이크 접합부분에서 불연속적 부분 없이 모자이크 된 영상을 생성할 수 있었다.

본 연구에서 적용한 알고리즘을 이용하여 정사영상이 아닌 일반 영상에 대하여 다해상도 웨이블릿 분석 기법의 영상 정합을 적용함으로써 효율적인 영상 모자이크가 가능할 것으로 생각되며, 향후 기하보정이 되지 않은 영상과 센서가 다른 영상과의 자동 모자이크에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 안기원, 이호성, 서두천, 신석호, 1998, "Landsat TM과 SPOT XS데이터를 이용한 디지털 모자이크", 상지대 논문집 37, pp. 173-178.
2. 유복모, 이용웅, 방수남, 강명호, 2000, "접합선 탐색 및 평활화를 이용한 수치고도모형 모자이크 알고리즘 설계 및 구현", 대한토목학회 2000년도 학술발표회 논문집(IV), pp. 733-736.
3. Afek, Y. and A. Brand, 1998, "Mosaicking of Orthorectification Aerial Image", Photogrammetric Engineering and Remote sensing, Vol. 64, No. 2, pp. 115-125.
4. Djamdji, J. P., A. Bijaoui, and R. Maniere, 1993, "Geometrical registration of images, the multiresolution approach", Photogrammetric Engineering and Remote sensing, Vol. 59, No. 5, pp. 645-653.
5. Foley, J. D., A. V. Dam, and S. K. Feiner, and J. F. Hughes, 1990, "Computer Graphics: Principles and Practice", Addison-Wesley.
6. Fonseca, L. M. G. and M. H. Costa, 1997, "Automatic Registration of Satellite Images," Brazilian Symposium on Graphic Computation and Image Processing, 10, Campos de Jordó, Proceedings, Los Alamitos: IEEE Computer Society, pp. 219-226.
7. Klinting, A., 1988, "Mosaicing Digital Orthophotos" ISPRS, pp. 387-395.
8. Laszlo, M. J., 1996, "Computational Geometry and Computer Graphics in C++". Pentice Hall, pp. 69-96.
9. Mallat, S. G. and W. L. Hwang, 1991, "Singularity Detection and Processing with Wavelets", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 38, No. 2, pp. 617-643.
10. McGwire, K. C., 1998, "Mosaicking Airborne Scanner Data with the Multiquadric Rectification Technique", Photogrammetric Engineering and Remote sensing, Vol. 65, No. 6, pp. 601-606.
11. Mikael, H., D. George, J. Kaj, P. Matti, R. Markku, and R. Susanna, 1996, "Ortho-Mosaics and Digital Elevation Models from Ariborne Video Imagery Using Parallel Global Object Reconstruction", IAPRS Vol. 31, Part B3, Vienna, pp. 331-336.
12. Novak, K., 1992, "Rectification of Digital Imagery", Photogrammetric Engineering and Remote sensing, Vol. 58, No. 3, pp. 339-344.
13. Susanne, H. M., 1989, "A Digital Mosaicking Algorithm Allowing for an Irregular Join "Line"", Photogrammetric Engineering and Remote sensing, Vol. 55, No. 1, pp. 43-47.
14. Zobrist, A. L., N. A. Bryant, and R. G. Mcleod, 1983, "Technology for Large Digital Mosaics of Landsat Data", Photogrammetric Engineering and Remote sensing, Vol. 49, No. 9, pp. 1325-1335.