

이동창 방식에 의한 고해상도 위성영상에서의 변화탐지

The Change Detection from High-resolution Satellite Imagery Using Floating Window Method

임영재 · 예철수 · 김경옥

한국전자통신연구원 공간정보기술센터 공간영상정보연구팀
(042)860-{1034, 1094, 5526}, {yjlim, csye, kokim}@etri.re.kr

要 地

촬영시기가 다른 두 위성영상을 비교 분석하여 시간에 따른 변화정보를 획득하는 변화탐지 기술은 다양한 분야에 유용하게 활용이 가능한 기술이다. 특히 최근 활용기대가 높아지고 있는 고해상도 위성영상을 활용하는 변화탐지 기술은 환경감시, 재해재난 후 피해상황 분석, 불법건축물 감시, 군사적 목적 등 기존의 중·저 해상도 위성영상으로는 얻을 수 없는 유용한 변화정보의 추출이 가능하다. 하지만, 고해상도 위성영상의 특수성으로 인해 저해상도 위성영상에 적용하였던 화소기반 변화탐지 기법을 그대로 사용할 수 없으며 인공물이나 지형지물의 지리적, 형태학적 특징을 활용하여 변화요소를 탐지하여야 한다. 본 연구에서는 촬영시기가 다른 두 개의 고해상도 위성영상에 대하여 사용자가 신속하고 손쉽게 변화를 감지해 낼 수 있도록 이동창을 이용한 인터페이스를 구성하고, 영상에 대한 육안분석을 통해 사용자가 건물의 신축 및 철거 등 변화를 발견하여 변화지도를 작성할 수 있는 시스템 개발함으로써 반자동 방식에 의한 고해상도 위성영상의 변화탐지 방법을 제시하였다.

Abstract

Change detection is a useful technology that can be applied to various fields, taking temporal change information with the comparison and analysis among multi-temporal satellite images.

Especially, change detection that utilizes high-resolution satellite imagery can be implemented to extract useful change information for many purposes, such as the environmental inspection, the circumstantial analysis of disaster damage, the inspection of illegal building, and the military use, which cannot be achieved by low- or middle-resolution satellite imagery.

However, because of the special characteristics that result from high-resolution satellite imagery, it cannot use a pixel-based method that is used for low-resolution satellite imagery. Therefore, it must be used a feature-based algorithm based on the geographical and morphological feature.

This paper presents the system that builds the change map by digitizing the boundary of the changed object. In this system, we can make the change map using manual or semi-automatic digitizing through the user interface implemented with a floating window that enables to detect the sign of the change, such as the construction or dismantlement, more efficiently.

1. 서론

촬영시기가 서로 다른 영상들을 비교 분석하므로써 지표면의 시계열에 따른 변화양상을 탐지해 내는 변화탐지기술은 환경감시, 도시계획, 산림정책, 지리정보의 갱신, 군사적

목적 등 다양한 분야에서 유용하게 활용이 가능한 기술이다.

유용한 변화정보를 탐지하기 위해서는 먼저 적절한 비교영상의 선택이 중요하다. 획득하기 원하는 변화탐지 정보에 따라 적절히 촬영시기의 간격이 결정되어야 하며 분광특성, 공간해상도, 방사특성 등이 유사한 영상이 선택되어야 한다. 그 외에도 비교대상이 되는 영상들의 환경적 요소들도 신중히 고려되어야 하는데 촬영당시의 대기상태, 토양의 흡습상태, 기후적 특징, 조수의 상태가 최대한 유사해야 유용한 변화정보가 추출될 수 있다.(Jensen, 1996)

이렇게 선택된 영상들이 정확히 중첩되게 하기 위해 두 영상간 기하정합 및 방사정합 등의 작업이 수행된 후에 다양한 방법의 변화탐지 알고리즘을 사용하여 변화정보를 추출하게 된다.(Roy, 2000)

가장 간단한 변화탐지 알고리즘으로는 Band Differencing 또는 Rationing같은 밴드간의 연산방법인 영상 대수학을 이용한 변화탐지 방법이 있다.(Jensen, 1996) 두 영상의 화소간 차를 통해 변화요소를 추출하는 방법인 Band Differencing 방법은 알고리즘이 간단하고 정량적인 분석이 가능한 결과를 얻을 수 있으나 두 영상간의 계절적 요소 및 태양 고도각 등 촬영당시의 분광특성의 차이가 변화요소로 감지되는 단점이 있으며 이를 보완하기 위해 두 화소간의 비를 사용하는 것이 Band Rationing방법이다. 이러한 영상대수학 변화탐지 방법에서 가장 중요한 요소는 변화요소를 정의하는 임계치를 결정하는 일인데 경험적으로 결정하거나 평균의 표준편차 등이 이용되기도 한다. 이와 유사한 방법으로 write function memory insertion을 이용하는 변화탐지방법(또는 영상 중첩분석방법)이 있는데, 비교하고자 하는 두 영상의 동일 밴드를 각각 적색과 녹색으로 할당한 후 디스플레이하면 변화된 지역은 적색 또는 녹색으로 표시되고 변화가 없는 지역은 두 색의 합성색상인 노란색으로 표시된다. 이 방법은 한번에 두 개 또는 세 개의 영상을 비교 분석할 수 있다는 장점이 있으나 단지 직관적인 분석만이 가능할 뿐 정량적 분석은 불가능하다는 단점이 있다. 가장 일반적으로 활용되는 정량적인 변화탐지 분석방법으로서 비교정보를 객관화하고 최소화하기 위해 감독 또는 무감독 영상분류기법을 적용한 후 분류영상들 간의 변화를 탐지하는 선분류 후비교 방법은 화소기반의 변화 매트릭스를 통해 어떤 지역이 어떻게 변화했다는 - 예를 들어 산림이 농경지로 변화되었다는 - from-to 정보를 획득할 수 있다는 장점이 있지만 변화탐지의 정확도가 분류알고리즘의 정확도에 절대적으로 의존되게 된다는 단점이 있다.(Metternicht, 1999)

위와 같은 방법들은 기본적으로 화소대 화소를 비교하는 방법으로서 이러한 화소단위의 분광특성 관찰보다는 건물, 도로 등 개체 단위의 관찰이 더 의미 있는 고해상도 위성 영상에서의 변화탐지 방법으로는 적절히 못하다는 단점이 있다. 특히 고해상도 위성영상은 중·저해상도에서는 관측되지 않는 건물에 의한 폐색영역의 존재, 그림자, 가로수의 영향 등 관측되는 콘텐츠의 질적 수준 자체가 다르기 때문에 중·저해상도에서 사용되었던 화소기반 변화탐지 방법들은 더 이상 사용할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 두 영상에서의 선형요소들을 추출한 뒤 선형요소들간의 매칭을 통해 변화정보를 획득하는 방법이 있는데 이러한 방법은 화소비교방법보다 조명의 변화 등 촬영조건과 잡음에 덜 민감하지만 개체모델을 구성하기 위해 충분한 선소들이 에러없이 추출되어야 할 뿐만 아니라 복잡한 매칭알고리즘을 필요로 한다는 단점이 있다.(Rowe, et. al., 2001)

이러한 문제점을 해결하기 위해 head-up 디지털타이핑 방법을 활용하여 고해상도 위성영상에 대한 변화정보를 추출해 내는 방법이 있는데 변화를 관측하고자 하는 두 장의 고해상도 위성영상을 전문가가 일일이 비교하므로써 변화된 개체를 수동으로 추출해 내는 방

법이다. 이 방법은 전적으로 운용자의 관찰에 의존되기 때문에 운용자의 숙련도에 따라 결과의 품질이 결정되며 운용자가 쉽게 피로해 진다는 단점이 있지만 현재의 영상처리 기술수준으로는 고해상도 위성영상에 대한 자동 분류 및 분석이 불가능하므로 실제 업무에 바로 적용할 수 있는 유일한 방법이라 할 수 있겠다.

본 논문은 사용자중심의 인터페이스 설계에 인지심리학적 개념을 적용함으로써 운용자가 보다 정확한 변화정보를 쉽고 신속하게 추출할 수 있도록 해주는 고해상도 위성영상용 변화정보 추출을 위한 head-up 디지털링 시스템 구현에 관한 내용이다.

본 논문은 먼저, 개발된 고해상도 위성영상용 변화탐지 시스템의 전체적인 구성과 세부특징들을 설명하고 사용자 인터페이스 설계시의 주안점 및 이동창을 이용한 육안관측에 의한 변화요소 추출방법에 대하여 기술하였다.

2. 고해상도 위성영상용 변화탐지 시스템의 구현

앞서 기술한 바와 같이 고해상도 위성영상은 중·저해상도 위성영상에 비해 건물이나 가로수, 도로의 중앙분리대 등이 관측될 정도로 지표상태를 정밀하게 관측할 수 있다. 이러한 특성으로 인하여 고해상도 위성영상에 대한 육안비교를 통해 보다 정밀한 변화정보를 취득할 수 있지만 잡음에 취약한 화소기반 변화탐지기법들은 적용이 불가능하다. 개발된 시스템은 이러한 특징을 갖는 고해상도 위성영상을 위한 변화탐지 시스템으로서 운용자가 두 영상을 육안으로 비교하면서 변화정보를 추출하는 기능을 수행하게 된다. 개발된 변화탐지 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

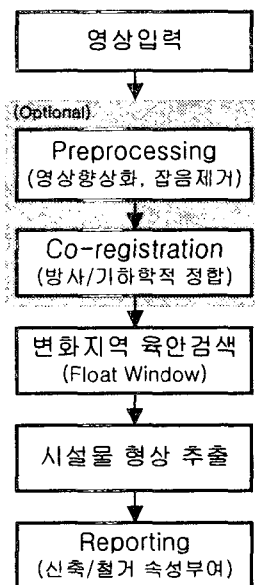


그림 1. 개발된 변화탐지시스템의 구성

1.1 전처리 및 두 영상의 정합과정

기존의 화소기반의 자동변화탐지 방법들은 두 영상의 지리정보의 불일치, 방사특성의 차이 및 잡음이 변화요소로 추출될 우려가 있다는 취약점을 가지고 있는 것에 비해 인간

의 육안비교방식의 본 시스템은 이것들에 어느 정도 강하다는 장점이 있는데 이는 인간의 시각체계가 어느 정도의 모호성을 수용할 수 있기 때문이다. 이렇듯 화소기반의 자동 변화탐지기법들 만큼 잡음제거 등의 영상처리나 정합과정들이 최종결과의 정확도를 절대적으로 좌우하지는 않지만 육안비교시 운용자의 시각적 피로를 최소화하기 위해 입력되는 영상들의 잡음제거 및 영상향상화를 수행할 필요가 있으며 특히, 두 영상이 중첩되어 비교되므로 두 영상의 지리정보를 일치시키는 기하학적 위치정합과 방사특성을 유사하게 하는 방사정합을 수행할 필요가 있다. 본 시스템에서는 잡음제거를 위해 평균필터와 중간값 필터 기능 중 하나를 사용자가 선택하여 적용할 수 있게 하였으며 두 영상의 기하학적 정합을 위해 두 영상에서의 동일지점인 접합점(tie point)들을 사용자가 선택하고 이 접합점을 사용하여 affine, polynomial 등의 기하변환을 수행할 수 있도록 하였다. 또한 히스토그램 정합 기법을 사용하여 두 영상의 분광특성을 유사하게 하는 방사정합 기능도 구현하여 사용자의 선택에 따라 적용될 수 있도록 하였다.

1.2 이동창을 이용한 변화지역 육안탐색

인간의 시각체계를 통한 변화탐지를 인지심리학적 견지에서 고찰한 연구결과에 따르면 인간의 시각은 변화맹(change blindness)이라고 불리는 다음의 몇 가지 경우에 자극간의 변화를 감지해 내는 것이 어렵다고 알려져 있다.(Rensink, 2002)

- Gap-contingent : 원래의 자극과 변화된 자극이 일정이상의 시간적 간격을 사이에 두고 발생할 때 변화가 탐지되기 어렵다.
- Saccade-contingent : 두 영상을 비교하기 위해 눈의 안구운동이 심하게 일어난다면 변화탐지가 어렵다.
- Shift-contingent : 디스플레이 되는 전체영역이 갑작스럽게 이동될 때 변화탐지가 어렵다.
- Blink-contingent : 급격한 시각자극의 변화로 인한 눈 깜박임시 변화탐지가 어렵다.
- Occlusion-contingent : 잠깐동안이라고 할지라도 변화지역의 일부분이 가려지면 변화탐지가 어렵다.
- Cut-contingent : 영화등에서 활용되는 데, 변화된 영상들이 짧은 시간동안 이어서 디스플레이 될 경우 인간의 시각체계는 이를 변화가 아닌 이동으로 감지한다.

인터페이스 설계에 있어 이러한 변화맹을 최대한 방지할 수 있도록 구성하여 운용자로 하여금 신속하고 정확하게 변화정보를 취득할 수 있도록 하는 동시에 사용이 편리하게 하여 시스템을 운용하기 위한 경험과 기술습득에 최소한의 시간이 들도록 구성하는데에 주안점을 두었다.

본 시스템은 이러한 인지심리학적 고찰에 근거한 사용자 인터페이스 디자인을 통해 효과적인 변화지역 육안탐지를 위해 다음과 같은 이동창(floating window)개념을 도입하였다. 운용자는 도시되는 n시기에 촬영된 영상 위를 마우스 커서를 따라 자유롭게 이동하는 이동창을 통해 동일지역의 n+1시기에 촬영된 영상 일부를 육안으로 관측하게 된다. 이러한 이동창의 배치는 그림 2와 같이 아홉 가지 경우를 생각해 볼 수 있는데 수직방향 비교보다 수평방향 비교가 정보취득에 용이하다는 인간 시각체계의 특성을 감안한다면 4, 5, 6번의 배치가 적절하다고 생각될 수 있으나 비교대상이 되는 지역의 1/2이상이 가려지게 되므로 오히려 더 불편하다. 실험적으로, 1번의 배치가 가장 적절한 것으로 판단

되었다.

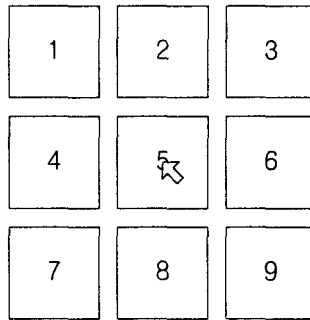
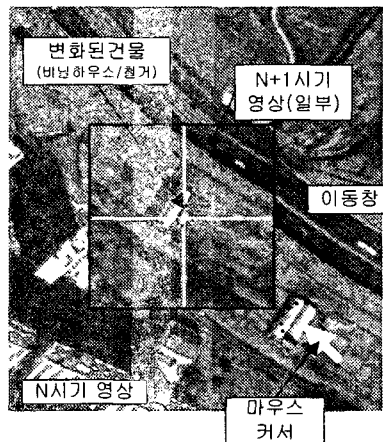
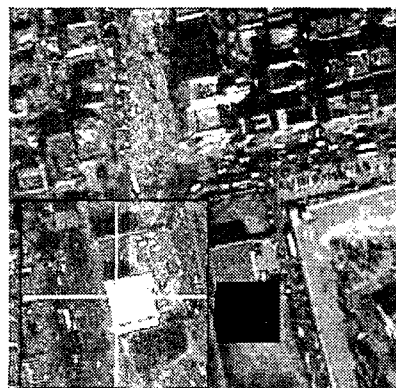


그림 2. 마우스 커서를 중심으로 한 이동창의 배치가능한 경우들

이동창으로 스캔해 가다가 인공시설물들의 신축 또는 철거 징후가 관측되면 수동 또는 반자동 기법을 통한 디지털이징 작업을 통해 해당 시설물의 형상을 취득하고 “신축” 또는 “철거”등의 속성을 부여하여 변화지도(change map)의 개체로 추가할 수 있다. 그림 3은 이러한 변화객체 육안판독을 위한 이동창 사용자 인터페이스의 예를 보여주고 있다.



(a)변화가 관측된 시설물정보에 "철거"속성 부여



(b) 변화가 관측된 시설물정보에 "신축"속성 부여

그림 3. 제안된 사용자 인터페이스를 통해 변화요소가 관측되는 모습.

3. 결론

고해상도 위성영상은 중저해상도 위성영상과는 달리 보다 정밀한 지표관측이 가능한 반면 다양한 잡음요소들이 내포되어 있어 중저해상도 영상에서 널리 사용되던 화소 대 화소 변화탐지기법들의 적용이 불가능하다. 이러한 특성을 갖는 고해상도 위성영상을 이용한 변화탐지를 위해 운용자가 직접 육안관측을 통해 변화지역을 추출해 낼 수 있는 시스템을 개발하였다. 이동창을 사용하여 두 영상을 손쉽게 비교할 수 있도록 한 이 시스템은 대용량 영상처리 및 분산환경에 적합한 OGC 표준인 GridCoverage를 수용하여 개발된 고해상도 위성영상처리 컴포넌트(정수 외, 2002)로 구현되었으므로 네트워크를 통한 대용량 위성영상의 실시간 브라우징이 가능하며 향후 다수의 전문가들이 동시에 작업할 수 있는 협업 시스템으로 발전시킬 수 있다.

고해상도 위성영상을 이용한 변화탐지는 불법건축물 감시, 소축척 지도의 갱신, 재해 재난후 피해상황 분석등 기존의 중저해상도 위성영상을 이용한 변화탐지로는 할 수 없었던 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

1. [Jensen, 1996] John R. Jensen, *Introductory Digital Image Processing*, Prentice-Hall, USA, 1996, pp. 257~279.
2. [Roy, 2000] David P. Roy, "The Impact of Misregistration Upon Composited Wide Field of View Satellite Data and Implications for Change Detection", *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, vol. 38, no. 4, 2000, pp. 2017~2032.
3. [Metternicht, 1999] Graciela Metternicht, "Change detection assessment using fuzzy sets and remotely sensed data: an application of topographic map revision", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, vol. 54, 1999, pp. 221~233.
4. [Rowe, et. al, 2001] Neil C. Rowe, Lynne L. Grewe, "Change Detection for Linear Features in Aerial Photographs Using Edge-Finding", *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, vol. 39, no. 7, 2001, pp. 1608~1612.
5. [Rensink, 2002] Ronald A. Rensink, "Change Detection", *Annual Review of Psychology*, vol. 53, 2002, pp. 245~277.
6. [정수 외, 2002] 정수 외, 컴포넌트 기반 고정밀 위성영상처리 소프트웨어 설계 및 구현, 대한원격탐사학회 춘계학회, 2002, pp.256-260.