Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 2003 / Cheongju / Korea

OGC Grid Coverage 기반 다기능 변화탐지 시스템의 구현
Implementation of a Change Detection System based on OGC Grid Coverage Specification

임영재[1] · 정 수[2] · 김경옥[3]
Lim, Young Jae · Jeong, Soo · Kim, Kyung Ok

[1] 한국전자통신연구원 공간정보기술센터 공간영상정보연구팀 연구원(E-mail:yjlim@etri.re.kr)
[2] 한국전자통신연구원 공간정보기술센터 공간영상정보연구팀 선임연구원(E-mail:soo@etri.re.kr)
[3] 한국전자통신연구원 공간정보기술센터 공간영상정보연구팀 팀장(E-mail:kokim@etri.re.kr)

Abstract

In this paper, we introduce a change detection system that can extract and analyze change elements from high-resolution satellite imagery as well as low- or middle-resolution satellite imagery. The developed system provides not only 7 pixel-based methods that can be used to detect change from low- or middle-resolution satellite images but also a float window concept that can be used in manual change detection from high-resolution satellite images. This system enables fast process of the very large image, because it is constituted by OGC grid coverage components. Also new change detection algorithms can be easily added into this system if once they are made into grid coverage components.

1. 서 론

촬영시기가 서로 다른 영상들을 비교 분석하므로서 지표면의 시계열에 따른 변화양상을 탐지해 내는 변화탐지기술은 환경감시, 도시계획, 산림정책, 지리정보의 갱신, 군사적 목적 등 다양한 분야에서 유용하게 활용이 가능한 기술이다.

정확한 변화정보를 획득하기 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)

이러한 모든 조건들을 최대한 만족하는 영상을 선택하는 것이 최선의 방법이지만 현실적으로 불가능하며 변화탐지를 위한 두 영상의 준비시 촬영위치 및 조건의 차에 따른 오류를 최소화하기 위해 두 영상의 기하학적 정합과 방사학적 정합등의 전처리 과정을 수행하여야 한다. (Roy, 2000)

기하학적 정합은 비교대상이 되는 두 영상이 정확히 중첩되도록 기하보정을 수행하는 절차로서 두 영상을 각각 정사보정 한 후 변화탐지의 입력으로 사용하는 방법과 벡터지도등 지리적 레퍼런스를 이용하여 두 영상의 기하보정 후 사용하는 방법 등이 있을 수 있는데 이 방법들은 절차가 복잡하며 두 영상 모두를 보정해야하는 불편함이 있기 때문에 변화요소의 정확한 지리적 정보가 필요하지 않을 시에는 두 영상에 대한 공액점으로 기준영상에 대해 대상영상을 간단하게 기하보정하는 방법도 사용된다.

촬영시기가 서로 다른 두 장의 영상은 센서의 기계적 오차, 대기상태, 태양과 지표면 및 센서의 기하학적 위치 등의 요인에 의해 동일한 대상이라도 화소의 밝기값이 다르게 관측될 수 있다. 이러한 영향들을 제거하기 위한 방사보정 방법은 절대방사보정과 상대방사보정 방법으로 나눌 수 있는데 센서 켈리브레이션, 대기보정 등의 방법을 사용하는 절대방사보정은 두 센서의 특성정보 및 촬영시기의 대기상태 등 선행지식이 필요하다는 단점이 있다. 반면에 상대방사보정은 이들 선행지식이 없이 두 영상의 방사

적 특성을 동일하게 하는 방법으로 histogram matching, PIF(Pseudo-invariant features)를 이용하는 linear regression등의 경험적인 영상정규화 방법이 사용된다.(Yong 등, 2002)

두 영상의 기하학적, 방사학적 정합을 수행 한 후 각종 방법에 의해 두 영상간 변화요소를 추출하게 된다. 가장 간단한 변화탐지 알고리즘으로는 영상대차(Image Differencing), 또는 영상대비(Image Rationing)같은 화소간 연산방법인 영상 대수학을 이용한 변화탐지 방법이 있다.(Jensen, 1996) 두 영상의 화소간 차를 통해 변화요소를 추출하는 방법인 영상대차법은 알고리즘이 간단하고 정량적인 분석이 가능한 결과를 얻을 수 있으나 두 영상간의 계절적 요소 및 태양 고도각 등 촬영당시의 분광특성의 차이가 미리 보정되지 않으면 이들이 변화요소로 감지되는 단점이 있으며 이를 보완하기 위해 두 화소간의 비를 사용하는 것이 영상대비 방법이다. 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 영상중첩분석방법)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 화소 대 화소를 비교하는 방법으로서 이러한 화소단위의 분광특성 비교보다는 건물, 도로 등 개체 단위의 비교가 더 의미 있는 고해상도 위성영상에서의 변화탐지 방법으로는 적절히 못하다는 단점이 있다. 특히 고해상도 위성영상은 중·저해상도에서는 관측되지 않는 건물에 의한 폐색영역의 존재, 그림자, 가로수의 영향 등 관측되는 컨텐츠 의 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 오류없이 추출되어야 할 뿐만 아니라 복잡한 매칭알고리즘을 필요로 한다는 단점이 있다.(Rowe 등, 2001)

이러한 문제점을 해결하기 위해 head-up 디지타이징 방법을 활용하여 고해상도 위성영상에 대한 변화정보를 추출해 내는 방법이 있는데 변화를 관측하고자 하는 두 장의 고해상도 위성영상을 전문가가 일일이 비교하므로서 변화된 개체를 수동으로 추출해 내는 방법이다. 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 신뢰도 높은 자동 분류 및 분석이 불가능하므로 실제 업무에 바로 적용할 수 있는 유일한 방법이라 할 수 있겠다.

개발된 변화탐지 시스템 ChangeAnalyzer2.0은 가장 널리 사용되는 영상대차(Image Differencing), 영상대비(Image Rationing), PCA(Principal Component Analysis)를 이용하는 방법, CVA(Change Vector Analysis)를 이용하는 방법, 영상중첩분석(Image Overlay), 선분류 후비교법(Post-classification Method), 밴드간 연산방법등 7가지 중저해상도 위성영상용 변화탐지 기법들 뿐 만 아니라, 고해상도 위성영상에서 이동창을 이용하여 운용자가 쉽고 정확하게 변화요소를 판별해 낼 수 있도록 하는 육안분석을 위한 사용자 인터페이스도 지원한다. 또한 이렇게 다양한 방법을 통해 추출된 변화요소들의 정량적, 정성적 분석을 가능케 하는 변화분석기능이 탑재되어 있다. ChangeAnalyzer2.0은 ETRI에서 개발된 OGC GridCoverage기반 위성영상처리 컴포넌트를 사용하여 구현되었으며 내장된 변화탐지기능들은 GridCoverage표준의 GridCoverageProcessor로 구현되어 있어 컴포넌트 조립만으로 사용자 취향에 맞는 또 다른 변화탐지 어플리케이션을 쉽게 개발할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 알고리즘을 쉽게 개발 및 추가할 수 있는 등 유지보수 측면에서도 장점이 있다.(정수 등, 2002)

2. 변화탐지 시스템 ChangeAnalyzer2.0의 특징

개발된 변화탐지 시스템 ChangeAnalyzer2.0은 앞서 기술한 바와 같이 다양한 위성영상의 변화탐지 및 분석을 지원하는 도구로서 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 비교영상의 일괄입력 및 타당성 검사기능 : 변화탐지를 위한 기준영상(Before Image)과 비교대상 영상(After Image)을 일괄적으로 입력하는 기능과 입력된 두 영상이 변화탐지를 수행하기에 적당한가를 판단하는 타당성 검사 기능이 있다.
- 변화탐지용 영상제작 기능 : 변화탐지를 수행하고자 하는 두 영상은 변화탐지 오류를 최소화하기 위해 기하학적으로 정확히 일치되어야 하며, 촬영당시의 조건이 상이함으로 인해 발생하는 방사특성도 일치시켜주어야 한다. 이를 위해 ChangeAnalyzer2.0은 자체적으로 기하정합 및 방사정합기능을 내장하고 있어 다른 소프트웨어의 도움 없이 변화탐지용 영상을 제작할 수 있다.
- 입출력 및 프로세스의 GridCoverage 표준준수 : 영상을 입력받고 처리 및 분석한 후 파일로 저장하는 기능들이 모두 OGC GridCoverage기반으로 구현되어 있어 입출력 및 프로세스들의 히스토리가 관리될 수 있고, pipe-line방식으로 대용량 위성영상의 실시간 처리가 가능하며, 각 기능별로 확장 또는 업데이트 시 해당 컴포넌트만을 추가 및 교체함으로서 유지보수가 가능하다는 특징이 있다.
- 다양한 변화탐지방법 제공 : 중저해상도 위성영상용 변화탐지를 위해 다양한 화소기반 변화탐지 기능들이 확장 구현되어 있으며, 화소기반 변화탐지 기법의 직접적인 적용이 어려운 고해상도 위성영상을 위해서는 사용자의 직접 관측을 도와주는 각종 사용자 인터페이스를 제공하여 고해상도 위성영상에서도 신속하고 정확하게 변화지도를 제작할 수 있게 해준다.

3. Change Analyzer2.0의 시스템 구성 및 변화탐지 프로세스

이러한 특징을 갖는 ChangeAnalyzer2.0의 수행화면은 그림 1과 같다.

중앙에는 현재 작업중인 영상이 디스플레이 되게 되고, 화면 좌측의 리스트에서 입력영상 및 처리결과 영상들이 GridCoverage로 관리되고 있으며 우측의 before, after 프리뷰 창 아래측에는 적용되고 있는 알고리즘들의 설정창이 배치되어 있는데 이 오른쪽 변화탐지 다이얼로그 바는 분석 작업시에는 분석 다이얼로그바로 교체되게 된다. 화면 하단에서는 현재 동작되는 기능들의 히스토리가 등록되게 되어 현재의 작업상태를 알 수 있게 해준다.

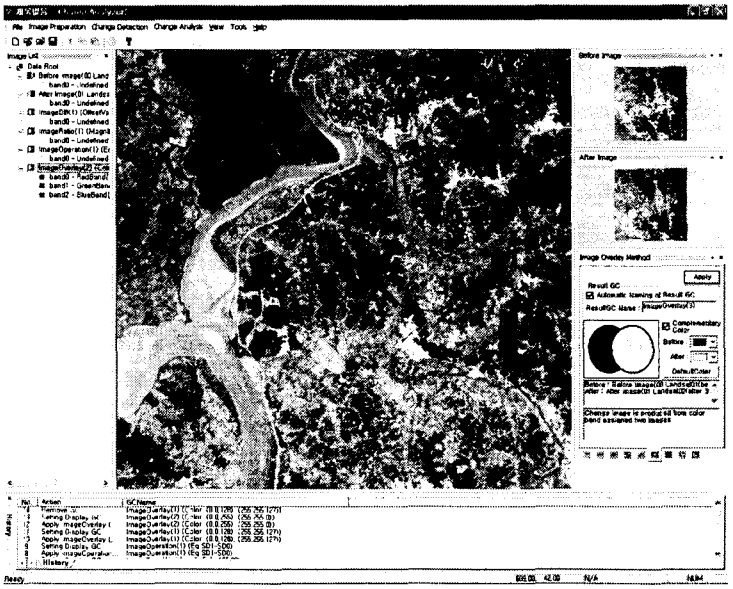

그림 1. ChangeAnalyzer2.0의 실행화면

그림 2는 ChangeAnalyzer2.0를 이용한 변화탐지 작업의 프로세스이다. 변화를 탐지하고자 하는 지역에 대해 촬영시기가 서로 다른 두 영상이 획득되면 두 영상에 대한 타당성을 검사한 후 만약 두 영상이 변화탐지를 위한 입력영상으로서 적합하지 않으면 Image Preparation기능을 통해 기하정합 및 방사정합을 수행한 후 입력영상으로 사용한다. 입력된 두 영상으로부터 다양한 방법을 통해 변화탐지를 수행하고 추출된 변화요소들에 대한 각종 분석을 수행하거나 추후 다양한 분야에서의 의사결정을 지원하기 위한 레포트를 제작할 수 있다.

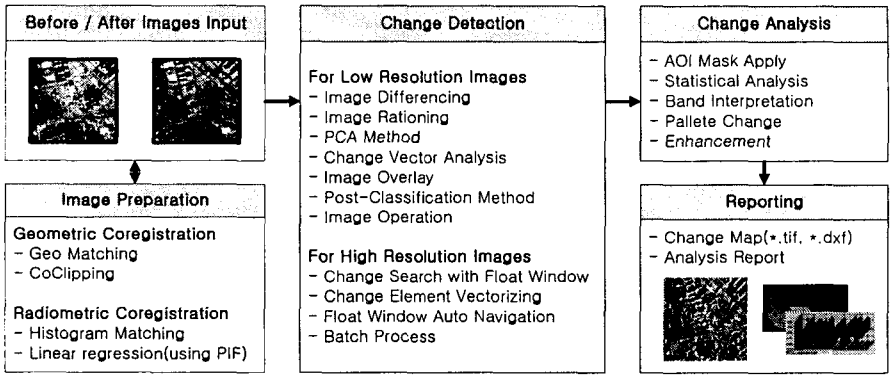

그림 2. ChangeAnalyzer2.0을 이용한 변화탐지 프로세스

위와 같은 프로세스를 수행하는 각 기능별 설명은 다음과 같다.

3.1 Image Preparation

변화탐지를 위한 영상을 제작하는 기능으로서 다음과 같은 기능을 포함한다.

- Geometric Coregistration : 두 영상의 기하학적 정합을 지원하며 다양한 기하변환식을 지원하는 Geo Matching 및 공통영역을 잘라낼 수 있는 CoClipping기능을 포함하고 있다.
- Radiometric Coregistration : 두 영상의 방사학적 정합을 지원하며 Histogram matching, PIF를 이용한 Linear regression 기능이 구현되어 있다.

3.2 Image Input

기준영상(Before Image) 및 비교대상영상(After Image)를 일괄 입력받는다.

- Input Verify : 입력된 두 영상이 변화탐지용으로 사용이 가능한지를 판별해 주는 기능이다.

3.3 Change Detection

- For Low Resolution : 중저해상도 위성영상에서의 변화탐지를 위한 화소기반 변화탐지기능들로서 영상대차법, 영상대비법, PCA 이용법, CVA 이용법, 영상중첩분석법, 선분류 후비교법 뿐만 아니라 사용자가 임의의 영상대수학적인 알고리즘을 적용해 볼 수 있도록 26개의 수학함수를 지원하는 영상연산기능도 포함되어 있다.
- For High Resolution : 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 잡음에 취약한 화소기반 변화탐지기법들은 적용이 불가능하다. 본 기능은 이러한 특징을 갖는 고해상도 위성영상을 위한 변화탐지로서 운용자가 두 영상을 육안으로 비교하면서 변화정보를 추출할 수 있도록 하는 인터페이스를 지원한다.

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 구성하는 데에 주안점을 두었다. 사용자는 수동 또는 자동으로 기준영상 위를 네비게이션 하는 비교영상의 패치를 디스플레이하는 탐색창을 통해 변화요소를 관측하고 변화가 발견될 경우 벡터라이징을 수행한다.

3.4 Change Analysis

- AOI Mask Apply : 관심영역만을 분석 또는 처리하기 위한 AOI(Area Of Interest)를 적용하는 기능이다.
- Statistical Analysis : 변화 및 비변화 요소들에 대한 통계적 분석을 수행한다.
- Band Interpretation : 다중밴드일 경우 밴드별 변화탐지 결과들에 대한 연관성 분석을 수행한다.
- Pallete Change : 변화탐지 영상의 가시적 판단을 원활히 하기 위해 팔레트를 적용할 수 있는 기능이다.
- Enhancement : 변화탐지영상의 가시적 판단을 원활히 하기 위해 영상 향상화 기능을 수행할 수 있다.

4. 결 론

OGC Grid Coverage 표준에 따른 위성영상처리 컴포넌트 패키지를 사용하여 다양한 분야의 변화탐지에 이용할 수 있는 범용 변화탐지 시스템 ChangeAnalyzer2.0을 개발하였다. 본 시스템은 변화탐지에 필요한 영상을 제작하는 기능, 영상을 입력받고 변화탐지에 이용가능한지 타당성 여부를 검사하는 기능, 중저해상도 영상에서의 변화탐지를 위한 화소기반 변화탐지 기능, 고해상도 위성영상에서의 변화탐지를 위한 탐색창 기능 및 다양한 변화요소 분석기능을 제공한다. 또한 본 시스템은 OGC GridCoverage 표준를 따르는 위성영상처리 컴포넌트를 기반으로 개발되었으므로 대용량의 위성영상도 쉽고 빠르게 핸들링할 수 있으며, 컴포넌트 조립만으로 시스템을 확장 및 개선시킬 수 있다. 분산환경에서 대용량의 위성영상을 쉽게 처리할 수 있는 위성영상처리 컴포넌트의 특징을 활용한다면 향후 다수의 전문가들이 변화탐지 및 분석업무를 분리하여 협업할 수 있는 시스템으로 발전시킬 수 있다.

본 시스템의 개념을 이용하면 환경감시, 도시계획, 산림정책, 지리정보의 갱신, 군사적 목적 등 다양한 분야에 변화탐지 기술을 적용해 볼 수 있으며 특히, 불법건축물 감시, 소축척 지도의 갱신, 재해재난후 피해상황 분석등 기존의 중저해상도 위성영상을 이용한 변화탐지로는 할 수 없었던 고해상도 위성영상을 이용한 변화탐지 분야에서도 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

정수, 임영재, 윤창락, 김경옥, 양영규 (2002), 컴포넌트 기반 고정밀 위성영상처리 소프트웨어 설계 및 구현, 대한원격탐사학회 춘계학회, 2002, pp.256-260.

Du, Yong, Teillet, Philippe M. and Cihar, Josef (2002), Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection, *Remote Sensing of Environment*, vol. 82, pp. 123~134.

Jensen, John R. (1996), *Introductory Digital Image Processing*, Prentice-Hall, USA, pp. 257~279.

Metternicht, Graciela (1999), 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.

Rensink, Ronald A. (2002), Change Detection, *Annual Review of Psychology*, vol. 53, pp. 245~277.

Rowe, Neil C. and Grewe, Lynne L., (2001), Change Detection for Linear Features in Aerial Photographs Using Edge-Finding, *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, vol. 39, no. 7, pp. 1608~1612.

Roy, David P. (2000), 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, pp. 2017~2032.