

# 재난 방재 시스템을 위한 컴퓨터 비전기반의 지능형 산사태 검출 알고리즘

\*황웅, \*\*윤장혁, \*\*\*정제창

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

\*hwangung@gmail.com, \*\*yjh2748@hanyang.ac.kr, \*\*\*jjeong@hanyang.ac.kr

## An Intelligent Landslide Detection Algorithm Based on Computer Vision for Disaster Prevention System

\*Hwang, Ung \*\*Yun, Janghyeok \*\*\*Jeong, Jechang

Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

### 요약

자연재해의 예방에 대한 인식이 화두가 되면서 최근 재해 경보 시스템을 다루는 새로운 연구들이 활발히 진행되고 있다. 제안하는 알고리즘은 영상을 통해 얻은 정보를 이용하여 산사태를 초기에 검출하는 방법이다. 기존의 검출 방법은 사람이 직접 모니터링을 해야 하기 때문에 많은 인력과 시간을 필요로 하고 접근성이나 비용문제 등의 각종 제약이 따른다. 따라서 효율적인 산사태 감지를 위해 산사태 발생 가능 지역에 비디오 기반의 감지 시스템을 통해서 자동으로 검출하는 시스템이 필요하다. 감지 시스템에서는 신뢰성 있는 재난영역의 검출이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 본 연구는 산사태를 검출하기 위하여 먼저 블록단위의 영역 움직임 검출을 하여, 움직임 맵을 만들고 일정한 시간 간격으로 반복적으로 변하는 영역의 움직임 맵을 기록한다. 또한 움직임 방향뿐만 아니라 발생 순서를 기록하여 더욱더 정확한 움직임을 판단할 수 있다. 제안된 알고리즘은 비디오영상 실험을 통해 탐지영역의 산사태 검출이 잘 이루어짐을 확인하였다.

### 1. 서론

우리나라는 국토의 64%가 산림이며 산사태는 1980년대 연평균 231ha에서 2000년대에는 713ha로 3배나 증가했다. 최근 들어서 유럽 산 산사태와 같은 대형 산사태로 인해 많은 인적, 재산 피해를 입게 되었다. 특히 산악 도로와 같은 경우는 산사태 이후에 추가적인 사고로 인한 피해가 발생할 수 있다는 점에서 산사태 발생의 여부에 대한 꾸준한 관찰이 필요하다. 최근의 다양한 지역에 방법이나 교통정보를 수집하기 위해서도 카메라가 많이 설치되고 있다. 이런 카메라 영상을 이용하여 산사태를 예측 할 수 있다면 인적, 재산적 피해를 예방할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 산사태 위험이 있는 지역의 위치에 있는 고정된 카메라 영상을 사용하여 산사태를 검출하는 알고리즘을 개발하였다. 항공 라이다 (LiDAR) 이미지와 컴퓨터 비전기술을 이용한 산사태 자동 감지를 위하여 다양한 방법들이 제안되었다 [1-3]. 대부분의 방법들은 픽셀단위 또는 영역 단위를 기반으로 하는 산사태 이전과 이후의 라이다 영상의 차 영역을 이용한 탐색법이다 [4-5]. Rau의 방법 [4]은 주요 변화영역의 스펙트럼과 표면 특성을 탐지하기 위한 논리교차연산을 이용한 픽셀기반의 차 영상 방법을 제시하였다. S. K. Bejo [6]이 제안한 것은 상당히 많은 부분의 변화 영역을 찾기 위하여 상호 정보 기반의 포인트 유사성 측정방법을 이용한다. 지역적 포인트 유사성을 측정하기 위해 정규화 히스토그램을 이용하였다. Martha와 Kerle [7]의 방법은 다분할 방법을 이용하여 차 영역을 검출하기 위한 물체 분할 방법을 제안 하였다. 이 다분할 방법은 독립 파라미터 집합을 가지는 분할 방법은 산사태의 모양과 크기의 복잡성 때문에 산사태를 감지하기가 어렵다. 독립 파라미터와 관련된 단일물체 대신에 고해

상도 위성 이미지를 가지는 다양한 크기의 산사태를 검출하기 위하여 최적의 파라미터 집합을 가지는 다수의 물체가 이용된다. 본 연구는 블록단위의 차 영역을 이용한 방법으로 움직임 맵의 반복적인 기록에 의해 산사태를 검출하는 알고리즘이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 비디오 기반 재난 감시 시스템의 배경, 제 3장에서는 산사태 검출 알고리즘에 대한 실험, 제 4장에서는 실험을 통해서 제안한 알고리즘을 평가하며, 제 5장에서 결론을 제시한다.

### 2. 영상 객체 인식 개발 배경

최근 후쿠시마 원전 사고, 쓰나미, 홍수와 눈사태와 같은 자연 재난들의 발생으로 인해 수많은 사상자와 막대한 재산피해가 초래되었다. 따라서 현재 이런 재난에 따른 피해를 미연에 방지하고자 하는 자동화된 조기 경보 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다.

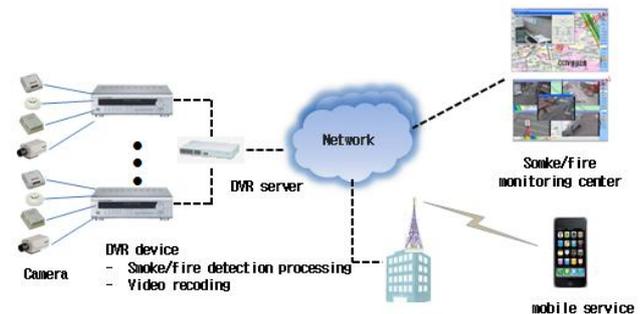


그림 1. 비디오 기반 재난 감시 시스템의 구조

그림 1 은 강력한 디지털 비디오 보안 시스템과 최신 움직임 화면 압축을 이용하는 MPEG-x나 H.264/AVC 와 같은 비디오 코덱을 적용한 Digital Video Recorder(DVR)을 이용한 일반적인 비디오 기반 재난 감지 시스템을 나타낸 것이다.

본 연구의 목적은 디지털 비디오 녹화 시스템 내에서의 비전 기반의 지능형 영상 처리 기술을 이용하여 산사태를 초기에 감지하여 피해를 최소화하기 위한 방법을 제안한다. 감지 방법의 신뢰성을 판단하는데 있어서는 중요한 요소는 검출의 정확성이다. 따라서 재난 감지 시스템의 자동화를 위해서는 소프트웨어 기반의 산사태 검출 알고리즘의 개발이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 DVR 카메라로부터 전송되는 영상에 대한 산사태 검출 알고리즘 연구를 수행 하였다. 다음 장에는 제안된 산사태 검출 알고리즘에 대해 소개하고자 한다.

### 3. 산사태 검출 알고리즘

본 알고리즘은 움직임 맵의 구성을 통해 낙석의 움직임을 판단하는데, 순차적인 움직임 감지를 위하여 움직임 감지를 반복적으로 수행하고 움직임 맵에 그 순서를 기록한다. 먼저 배경 이미지를 획득 한 후 움직임 맵은 산사태 영역의 감지를 위해 초기화를 해야 한다. 영역은 감지영역과 비 감지영역 두 가지 구분하며 하늘, 건물 등의 감지할 필요가 없는 부분은 제외하고 감지 영역에서만 알고리즘을 작동하는 일종의 Region of Interest (ROI) 방법을 사용한다.

#### 3.1 움직임 감지 수행

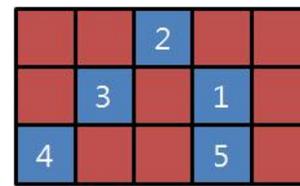
블록 단위의 움직임의 정도를 측정하기 위해 현재 프레임의 영상  $X_n(i, j)$  과 이전 프레임의 영상  $X_{n-1}(i, j)$  과의 차이를 구하여 차 영상 (Difference Image)을 생성하고 이것의 절대 값을 구한다. 블록의 크기는 초기에 영상을 수직, 수평 방향으로 각각 16 등분을 한 크기로 결정한다. 블록 내부의 값들로 이루어진 영역을  $V(i, j)$ 로 정의하고, 식 (1)에 따라 Sum of Absolute Difference (SAD) 값이 결정된다.

$$SAD = \sum_{i,j \in V(i,j)} |X_n(i, j) - X_{n-1}(i, j)| \quad (1)$$

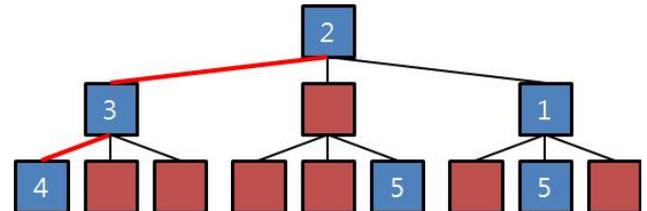
구해진 SAD 값이 임계 값(Threshold) 값 이상일 경우 움직임이 발생한 것으로 추정하고, 움직임 맵에 해당 움직임이 발생한 순서를 기록한다. 시간의 순서에 따라 블록의 경고 표시 색깔을 다르게 하여 밝기에 따라 산사태가 발생한 영역의 순서를 알 수 있다. 그리고 다음 움직임 감지를 위하여 일정시간 동안의 단위 움직임 맵을 반복적으로 초기화를 수행한다.

#### 3.2 움직임 방향 파악

움직임 감지 수행을 반복적으로 수행하게 되며, 다음번의 움직임 감지 수행하기 전에 움직임 맵에 기록된 움직임이 아래 방향의 움직임의 유무를 파악을 하게 된다. 움직임은 중력의 방향과 움직임발생 순서를 이용한 움직임 추적의 예시이며, 일정 단계 이상의 아래 방향 움직임이 나타날 경우 산사태로 판단하고 알람을 발생하게 된다. 그림 2 는



(a)



(b)

그림 2. 움직임 방향과 발생순서의 예시. (a) 움직임 맵에 기록된 움직임 (b) 중력방향 움직임 검출과정

움직임 방향을 파악하기 위한 구체적인 알고리즘을 나타낸 것이다. 그림 2(a)의 경우 실제로 측정된 산사태의 모습이다. 가장먼저 1번 구역이 발생을 하였고 다음으로 2번 구역의 발생이 관찰되었다.

그 다음번의 관측 영역은 3, 4 순서로 이루어진다. 이것은 중력 방향으로 일정한 간격을 두고 진행되었기 때문에 산사태로 판단 할 수 있다. 그리고 오른쪽 방향은 순서가 2-1-5 형태로 역방향으로 진행이 되는 것이기 때문에 산사태가 아니라고 판단을 하게 된다. 그림 2(b)는 그림 2(a)의 알고리즘 과정을 시각적으로 구체화하여 표현 한 것이다. 그림 2(b)에서 한 영역에서 산사태가 감지가 되었다면 그 아래의 45°(좌), 90°(아래), -45°(우) 의 세 방향으로 감지 영역을 이동하여 알고리즘을 수행하는 것을 보여준다. 예를 들어 2번 영역에서 바로 세 방향을 관찰 하였을 때 바로 아래쪽인 90° 방향으로는 산사태가 검출 되지 않았기 때문에 더 이상 그 방향으로는 진행을 하지 않게 된다. 결과적으로 3 방향 검출 구조에서 왼쪽 방향 2-3-4 영역(굵은 선)으로 산사태가 발생함을 보여준다.

#### 3.3 오감지 방지 알고리즘

본 알고리즘은 산사태 영역과 비 감지 영역을 초기에 입력받은 것을 이용하여, 차량의 움직임에 따른 오감지를 방지한다. 비 감지 영역에서 시작된 움직임은 움직임이 끝날 때까지 알고리즘의 작동을 중지하고 기다린다. 차량이 지나가는 경우 차량이 통과하였을 때 다시 알고리즘을 정상적으로 수행한다. 좌우에서 다가오는 차량을 감지하고자 제일 왼쪽과 오른쪽 라인은 강제적으로 비감지 영역으로 지정하여 주변에서 접근하는 움직임을 파악한다. 움직임이 사라진 경우 움직임 맵을 초기화 하고 2번 영역부터 다시 검출을 시작하게 된다.

### 4. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 다양한 환경의 동영상에 대하여 실험을 수행하였다. 제안된 산사태 인식 알고

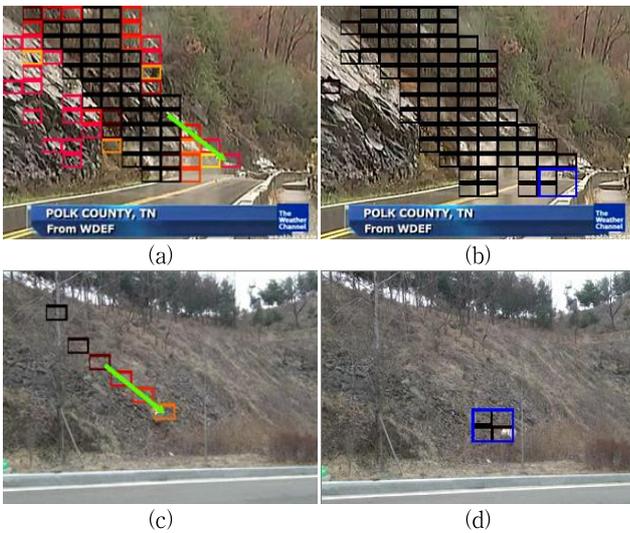


그림 3. 산사태 검출 영상. (a) 움직임 순서 측정 (b) 산사태 피해 지점 표시(파란색) (c) 움직임 맵 표시 (d) 낙석 검출(파란색)

리들은 중력의 법칙에 따라 떨어지는 낙석을 감지하도록 설계 되었다. 이를 위해 움직임 감지 맵을 구성 하여 움직임이 발생한 순서를 측정 하였다. 그림 3(a)의 경우 움직임 맵을 나타내며 보다 밝은 색일 수록 나중에 일어난 움직임을 표시한다. 위에서부터 일정 수준의 움직임이 아래쪽으로 발생할 경우를 검토하여 최종적으로 산사태 여부를 판단 한다. 그림 3(b)는 움직임 맵을 이용하여 검출한 결과를 나타낸다. 그림 3(c)과 3(d)는 같은 방법을 적용한 소규모 산사태 검출 영상을 보여 준다. 제안된 알고리즘은 3개의 실험영상을 통하여 성능을 검증하였다. 실제 시스템에 적용하기 위해서 다양한 데이터를 통해 성능을 검증 하였다. 산사태뿐만 아니라 오감지 방지 실험 역시 올바른 움직임을 보여 준다. 그림 3(c)에서도 블록의 색깔의 밝기는 사태의 발생 순서를 나타 낸다. 밝기의 변화에 따라 화살표 방향으로 산사태 발생을 보여준다.



그림 4. 오감지 검출/방지 영상. (a) 오감지 영역 검출 (b) 오감지 방지 적용 결과

그림 (4)는 뒤 건물을 위쪽을 산사태 감지 영역으로 지정하고 오 감지 방지 기능을 검증 한 결과 이다. 실험을 통해 실제 도로에서 자동차의 움직임을 산사태로 감지하지 않는 것을 보여준다. 여기서 자동차가 왼쪽에서 오른쪽 방향으로의 움직임이 많음을 볼 수 있다. 그렇기 때문에 비감지 영역으로 간주하게 된다. 감지영역 외에서 움직임이 발

생하면 움직임이 멈출 때까지 감지를 일시적으로 정지하게 된다.

### 5. 결론

본 연구에서는 필연적으로 발생하는 자연재해로부터 인명과 재산을 보호하기 위한 재난 방지 시스템을 구축하기 위해 카메라로부터 얻은 영상을 이용한 비전기반의 지능형 산사태 검출 알고리즘을 제안한다. 산사태 검출을 위해서 중요한 요소인 낙석 등의 물체에 대한 움직임 감지를 신뢰성 있게 검출하기 위해서 블록단위의 특정 영역의 움직임 맵을 이용하여 방향을 파악하였다. 그리고 제안된 알고리즘의 유효성을 확인하기 위하여 다양한 실험 영상을 통해 알고리즘의 정확성을 검증하였다. 이를 통하여 제안된 알고리즘이 비디오 기반 재난 방제 시스템에 대해 적용 가능성을 확인 할 수 있었다. 향후 보다 신뢰성 있는 산사태 검출을 위해서 잡음신호등에 의해서 발생하는 오류를 제거하기 위한 알고리즘 개발에 대한 연구를 진행 할 예정이다.

### 6. 감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 산업전략기술개발사업의 연구결과로 수행 되었음”(10039627, 열화상감시를 통한 현장밀착형 원격 화재·방범 관리시스템)

### 참고문헌

[1] 이동하, 김영섭, 서용철, “고해상도 항공라이다 DEM 해석을 통한 강원도 일원의 산사태 예측 가능성 분석,” 한국GIS학회지, 제 17권 제 3호, 381-387쪽, 2009년 11월

[2] S. Sarkar and D.P Kanungo, “An Intergrated Approach for Landslide Susceptibility Mapping Using Remote Sensing and GIS,” Photogrammetric Engineering & Remote Ssensing, pp. 617-625, May, 2004.

[3] Siti Khairunniza-Bejol, Maria Petrou and Athanassios Ganas, “Landslide Detection Using a Local Similarity Measure,” IEEE, NORSIG 2006.

[4] J. Y. Rau, Y. C. Shao, and L. C. Chen, “Landslides detection using aerial ortho-images and LiDAR data,” in Proc. of Asian Assoc. Remote Sens., pp. 1-6, 2006.

[5] J. Hervas and P. L. Rosin, “Image thresholding for landslide detection by genetic programming,” in Proc. of the First International Workshop on Multitemporal remote Sensing Images, Italy, pp. 65-72, 2002.

[6] S. K. Bejo, M. Petrou, and A Ganas, “Local similarity measure for landslide detection and identification in comparison with the image differencing method,” Int. J. Remote Sensing, vol.31, no.23, pp.6033-6045, 2010.

[7] T. R. martha and N. Kerle, “Segment optimisation for object-based landslide detection,” Int. Arch. Photogramm. Remote sens. Spatial Inform. Sci, XXXVIII-4/C7(1), pp. 1-6, 2010.