

형태 정보 기반 확장 방법을 이용한 영역 분리 알고리즘에 관한 연구 (The Region Segmentation using Shape-based Expanding)

안용학, 김학춘
(Yong-hak Ahn, Hak-chun Kim)

요약 본 연구에서는 고정된 카메라로부터 입력되는 영상열에서 이동 물체를 신뢰성있게 분리하기 위해 형태 정보를 이용한 확장 방법을 제안한다. 영역 분리의 핵심은 배경으로부터 주위 잡음 영역과 무관하게 이동 물체 영역을 분리하는 기술이라고 볼 수 있다. 제안된 방법은 초기 이동 물체가 존재하지 않는 영상을 참고 영상(reference image)으로 하여 입력 영상(input image)과의 차영상(subtraction image)을 구하고, 차영상의 히스토그램(histogram)에서 배경잡음 모델링(modeling)을 통해 배경잡음을 제거한다. 그리고 배경잡음이 제거된 차영상에서 국부 최대값들(local maxima)을 이용해 후보 초기 영역을 선정한 후, 이 영역을 기반으로 영역의 형태정보를 이용하여 영역을 선별적으로 확장하면서 결합하는 방법을 사용하였다.

제안된 방법을 실제 상황에서 얻은 다양한 영상열에 적용한 결과, 기존의 영역 분리 방법보다 주위 잡음과 무관하게 이동 물체를 분리할 수 있음을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

고정된 카메라 영상열로부터 이동물체를 분리하기 위한 연구는 매우 오래전부터 시작되었고, 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 초기 대부분의 연구들이 전략목표를 탐지 및 추적을 위한 군사목적으로 이용되거나, 교통량 측정과 같은 특수한 목적을 위한 연구가 대부분이었던 반면, 최근에는 인간처럼 유동적 형태를 갖는 이동물체를 추출하고 추적하는 연구가 주목을 받고 있다[1-2]. 그러나 이러한 대부분의 연구는 이동물체를 자동으로 판별하기보다는 이동물체일 가능성이 있는 영역을 검출하여 모니터에 나타냄으로써 감시 모니터 앞에 있는 감시자의 능률을 향상시키는데 그 목적이 있다[3].

이동물체의 검출방법은 크게 영역분리와 영역판별의 두가지 단계를 거친다. 먼저, 영역분리 단계에서는 입력되는 영상에서 이동물체라고 의심되는 영역을 추출하고, 두 번째 영역판별 단계에서는 분리와

정에서 추출된 각 영역들의 특징들을 이용하여 이동물체인지 아닌지를 판별하게 된다.

입력되는 영상에서 이동물체 영역을 추출하는 가장 간단한 방법은 이동물체가 존재하지 않는다고 확인된 참고영상(reference image)과 새롭게 입력되는 영상간의 차를 구하게 되면 영상에서 이동물체 영역만을 추출할 수 있다. 하지만 이러한 차영상(difference image) 방법은 실제 야외환경에 적용시 배경부분의 작은 변화에 민감하게 반응하고, 다양한 잡음이 나타난다. 현재 이러한 야외환경에서 획득한 영상에 나타나는 다양한 잡음을 제거하고자 하는 많은 연구가 진행되고 있다[4-5].

실제 야외환경에서 얻은 차영상에 나타나는 잡음은 대부분 순간적인 주위 조명의 변화나 바람 등으로 인해 나타나는 작은 움직임, 구름 등으로 인해 발생하는 영상의 전체적인 밝기값의 변화 등으로 정의할 수 있다. 차영상에서 배경부분의 잡음은 차영상의 히스토그램(histogram)에서 일반적으로 낮은 밝기값을 가진다. 차영상의 배경부분에 나타나는 이러한 잡음을 제거하고 이동물체를 분리하는 방법은 다음의 몇가지로 구분할 수 있다.

* 송호대학 정보산업계열

배경부분의 잡음을 모델링하여 임계치(threshold value)를 설정하고, 설정된 임계치를 바탕으로 배경 영역을 추출하는 방법[6-7], 차영상의 히스토그램에서 높은 밝기값을 갖는 부분이 이동물체일 가능성이 높다는 가정하에 높은 밝기값을 갖는 영역을 선택하기 위한 높은 임계치와 배경이 가능한 적게 포함되면서 이동물체가 모두 포함된다고 생각되는 낮은 임계치를 설정하여 해당 밝기값까지 영역을 확장하는 Hysteresis method와 같은 다중 임계치(multi-thresholding) 방법[8-9], 그리고 차영상에서 이동물체라고 생각되는 영역을 선택하여 이 영역을 기준으로 수리 형태학(mathematical morphology)에 기반한 Watershed 알고리즘을 적용하여 관심영역을 분할하는 방법[10-11] 등으로 구분될 수 있다.

배경영역의 잡음 모델링을 통해 임계치를 선택하는 방법은 실제 선택된 임계치를 갖고 차영상을 이진화하기 위해서 영상에 나타나는 이동물체에 대한 기본적인 밝기값 정보나 크기 정보 등을 먼저 알고 있어야 하며, 주위 배경의 변화에 적절하게 적응하지 못하는 단점이 있다. 또한 최적의 임계치가 결정된다 하더라도 조명이나 움직임 등의 변화가 심한 야외 환경에서는 하나의 전역 임계치(global threshold value)로 다양한 형태의 이동물체와 배경이 존재하는 영상에서 이동물체를 정확하게 분리하기란 불가능하다.

이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 Hysteresis method와 같은 다중 임계치를 이용한 방법이 있다. 차영상의 히스토그램에서 높은 밝기값을 갖는 부분이 이동물체일 가능성이 높다는 가정하에 높은 밝기값을 갖는 영역을 초기 영역으로 하고 배경이 가능한 적게 포함되면서 이동물체가 모두 포함된다고 생각되는 낮은 임계치를 설정하여 해당 밝기값까지 영역을 확장하는 방법이다. 하지만 높은 임계치로 설정되는 초기영역이 한정되기 때문에 초기영역에 이동물체 영역이 포함되지 않는 경우 해당 이동물체 영역이 검출되지 못하는 문제점이 있다. 이러한 문제는 이동물체 영역의 밝기값이 사용자가 지정한 상한 임계치보다 낮은 경우에 발생하게 되며, 영상 내에서 하나의 이동물체가 부분적으로 서로 다른 밝기값을 갖는 경우라 할 수 있다.

새로운 시각에서 영상분할을 시도한 방법으로 Watershed 알고리즘이 있는데, 이 알고리즘은 지형학 분야(topographical field)에서 연구되어 온 것으로서, 영상에 대한 경사영상(gradient image) 픽셀

(pixel)의 밝기값을 고도 정보(altitude information)로 생각함으로써 영상처리 분야에 응용되어지고 있다. 담수 지역(catchment basins) 또는 초기영역을 구분하는 분수령을 찾음으로써 각각의 국부 최소값(local minima)에 연관된 영역을 분할하는 알고리즘이다. 하지만 국부 최소값에 의존하여 영역들(catchment basins)을 생성하게 되므로 과분할(over-segmentation)로 인한 복잡한 결과가 발생하게 되고, 추가적인 영역 합병(merging) 등의 후처리(post-processing)로 이러한 문제를 최소화시키기에는 너무 많은 수행시간과 복잡한 처리로 인해 추가적인 문제가 발생하게 된다

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 차영상의 히스토그램에서 배경잡음 모델링을 통해 배경잡음을 제거하고, 국부 최대값들을 이용해 후보 초기 영역을 선택함으로써 다중 임계치 방법의 문제점인 초기 영역 선택의 오류를 최소화하고, 형태정보를 이용하여 영역을 선별적으로 확장함으로써 주위 잡음과는 무관하게 이동물체 영역을 분리하는 방법을 제안한다.

2. 영역분리

영상영로부터 이동물체를 검출해 내는 정확한 영역 분리(region segmentation)은 다양한 응용 분야에서 사용되고 있다. 그러나 이러한 분야의 연구는 오랜 역사에도 불구하고 모든 상황에서 신뢰성 있게 동작할 수 있는 영역 분리 방법은 개발되지 못했다. 기존 연구에서 주로 사용하고 있는 단일 임계치를 이용하는 방법이나 다중 임계치 방법은 빠르고 간편한 장점이 있지만 다양한 배경과 이동물체의 윤곽선이 불분명하고 배경 잡음이 많이 포함되는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 차영상에서 배경잡음 모델링을 통해 배경잡음을 제거하고, 국부 최대값들을 이용하여 초기 후보영역을 선정한 후, 이들을 단계적으로 적용하여 영역을 분리하는 그림 1과 같은 방법을 제안한다.

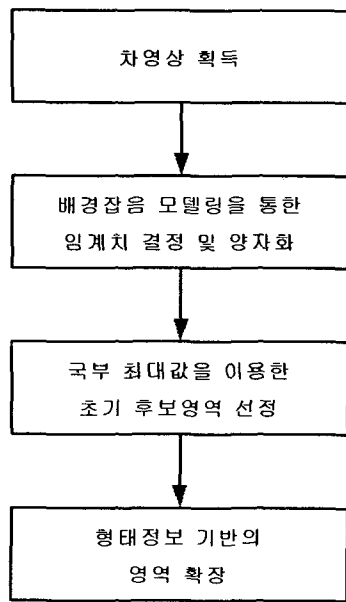


그림 1. 영역 분리 단계

먼저, 고정된 카메라로부터 입력된 영상열에서 참고영상(reference image)을 이용하여 차영상(difference image)을 구한다. 이렇게 구해진 차영상의 히스토그램(histogram)에서 배경임을 확신할 수 있는 부분을 제거하기 위한 배경잡음 모델링을 통해 이동물체가 포함되지 않는 범위 내에서 최대한 배경을 제거하기 위한 임계치(threshold value)를 결정한다. 결정된 임계치를 이용해 차영상에서 배경 부분을 제거하고, 남겨진 이동물체라고 생각되는 영역에서 국부 최대값(local maxima)들을 이용하여 초기 후보영역을 선택하고 이를 확장한다. 이때 확장되는 영역이 이동물체 영역인지 주위 환경의 변화로 인한 배경 잡음 영역인지를 각 영역의 형태정보를 분석하여 확장 여부를 결정한다.

2.1 배경 잡음 모델링

이상적인 환경에서 차영상 방법은 순수하게 이동물체만을 분리하게 된다. 하지만 일반적인 실외영상의 경우 고정된 배경이라 해도 햇빛의 유무에 따른 밝기의 변화나 바람에 의한 배경 물체의 흔들림 등으로 인해 차영상에는 이동물체 뿐만 아니라 배경 부분에서도 참고영상과 입력영상과의 차이가 발생하게 된다. 이러한 배경으로부터 생성되는 잡음의 경우 이동물체 영역과는 어느 정도 구분되는 특성을 갖게 된다.

이동물체 영역의 경우 배경과의 차를 구하면 일반

적으로 배경잡음과는 다르게 그 차이가 커서 차영상에서는 높은 밝기값을 갖게 된다. 하지만 배경잡음의 경우에는 일반적으로 낮은 값을 갖게 된다. 기존에는 이러한 특성을 바탕으로 배경의 잡음을 모델링하여 이동물체를 분리하기 위한 임계치를 선택하고 영역을 분리하는 연구가 수행되었다[6-7]. 본 연구에서는 배경의 특성을 모델링하는 방법을 이용하여 차영상에서 배경영역을 우선 제거하여 이동물체 분리를 쉽게 하였다.

이동물체 분리를 위한 배경잡음 모델링 방법은 기존의 방법들 중 가장 간단하게 배경부분을 제거하는 방법으로, 차영상의 히스토그램은 영상의 잡음 ZMND (Zero Mean Normal Distribution) $N(0, \sigma^2)$ 에 의해 모델링 할 수 있다. 영상에서는 양의 수(positive number) 만을 사용하기 때문에 양수 값에 대한 정규 분포(normal distribution) $N(0, \sigma^2)$ 로 나타낼 수 있다[7].

그림 2는 잡음 모델링과정을 통해 잡음이 제거된 차영상의 단면도이다. 이동물체를 분리하기 위한 첫 단계로 잡음 모델링 과정을 통해 계산된 임계치(τ)를 기준으로 임계치 이하의 밝기값을 갖는 픽셀들을 제거한다. 잡음 모두를 제거할 수는 없지만 일정량의 잡음을 제거함으로써 이동물체의 초기 후보영역 선택시 영역의 수를 제한함으로써 계산량을 줄일 수 있다.

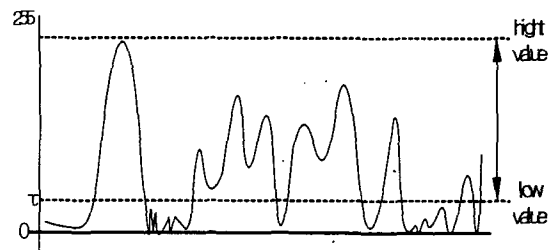
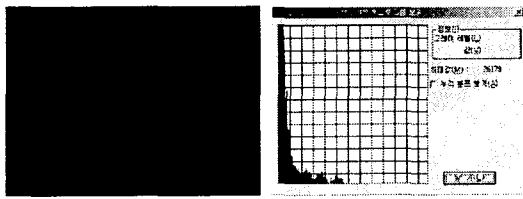
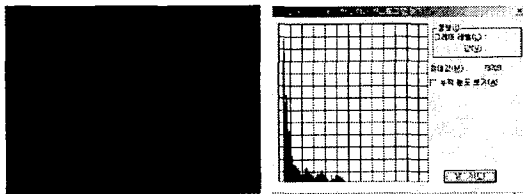


그림 2. 배경 잡음 모델링을 통한 잡음 영역의 제거

배경이 제거된 영상은 이동물체의 영역을 최대한 포함하면서 배경은 최소화되는 영상이 된다. 그림 3은 차영상의 배경잡음을 정규분포로 모델링하여 1차적으로 임계치를 수행한 히스토그램의 결과를 보여주고 있다. 그림 3의 (b)에서 보는 바와 같이 차영상에서 이동물체가 나타나지 않는 잡음 영역들이 상당부분 제거되었음을 알 수 있다.



(a) 차영상 및 히스토그램



(b) low-thresholding된 차영상 및 히스토그램

그림 3. 차영상에서의 배경잡음 모델링

2.2 초기 후보영역 선정

차영상의 히스토그램을 모델링하여 추출된 영역은 이동물체 영역뿐만 아니라 배경영역 또는 잡음의 일부가 포함되어 있다. 이러한 현상은 배경에 존재하는 고정 물체에 순간적인 조명의 변화가 있거나 나뭇가지처럼 배경으로 추출되어야 할 부분이 흔들림 등으로 인해 잡음으로 나타나게 되는 경우이다. 이 동물체 분리를 위한 연구에서는 주위 환경의 변화로 인해 발생하는 여러 가지 문제들을 해결하기 위해 많은 시도들이 있었다[4-5].

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 우선 배경이 제거된 영상에서 순수한 이동물체 영역만을 분리하기 위해 남겨진 영상의 국부 최대값들을 이용해 이동물체 영역의 초기 후보영역을 선택하고 선택된 영역을 기반으로 영역 확장을 수행한다. 수행된 결과, 초기 후보영역들에 대해 배경 영역인지 이동물체 영역인지를 분석하여 확장을 진행할 초기 후보영역의 수를 줄인다.

여기에서 국부 최대값들은 그레이 영상에서 주위 8방향으로 인접한 이웃 픽셀들을 고려하여 결정된다. 초기 후보영역의 선택은 이러한 국부 최대값들을 선택하고 이를 중심으로 입력 영상에서 최고 밝기값과 배경잡음 분석을 통해 계산된 임계치 사이에서 일정 비율만큼 확장을 수행하여 선택한다. 국부 최대값들을 이용해 확장의 기본이 되는 초기 후보영역을 선택하는 것은 동일한 배경에 나타나는 이동물체들이 모두 비슷한 밝기값을 갖지 않으며, 동일한

물체일지라도 영역별로 서로 다른 밝기값을 갖을 수 있는 사람과 같은 유동적 형태인 이동물체의 초기 후보영역 선택을 원활하게 하기 위함이다. 이 과정으로 기존 연구 방법 중에 하나인 다중 임계치 기법을 이용한 이동물체 분리 알고리즘에서 차영상의 히스토그램의 오른쪽 부분에 있는 밝기값이 높은 픽셀들만을 영역 확장을 위한 초기영역으로 선택하기 때문에 이동물체 임에도 불구하고 상대적으로 밝기값이 낮아 초기영역으로 선택되지 못해 이동물체로 검출되지 못하는 문제점을 해결할 수 있었다.

따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 영상에서 상대적으로 낮은 밝기값을 갖는 부분이나 또는 하나 이상의 이동물체가 존재하는 영상에서 차영상의 밝기값이 높은 이동물체 뿐만 아니라 상대적으로 낮은 밝기값을 갖는 이동물체 영역들도 모두 분리하게 된다. 그림 4는 국부 최대값(local maxima)들이 선택된 모습을 보여주고 있다. 초기에 선택된 국부 최대값들은 주위 8방향과 비교시 최대값을 갖는 픽셀들이다.

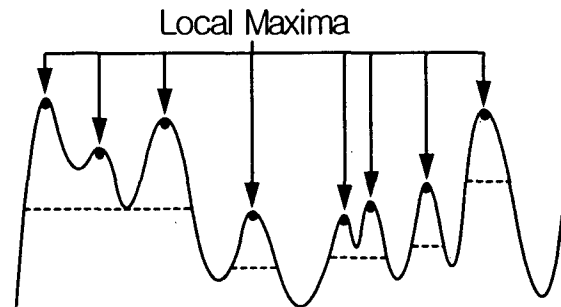


그림 4. 국부 최대값(local maxima)의 선택

국부 최대값은 인접한 이웃에 더 이상의 높은 값이 존재하지 않는 픽셀의 집합을 의미하며, 영상 I 에서 인접한 이웃 픽셀을 $N(x, y)$ 라고 하면 국부 최대값 $LMax(I)$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$LMax(I) = \{(x, y) \in I$$

$$I(x, y) \geq I(x_i, y_i) \forall (x_i, y_i) \in N(x, y)\}$$

이렇게 선택된 초기 국부 최대값들을 시작으로 일정 범위만큼 확장을 하게 된다. 그림 5는 국부 최대값들을 중심으로 일정 범위 만큼 영역을 확장하여 초기 후보영역이 선택되는 모습을 보여주고 있다.

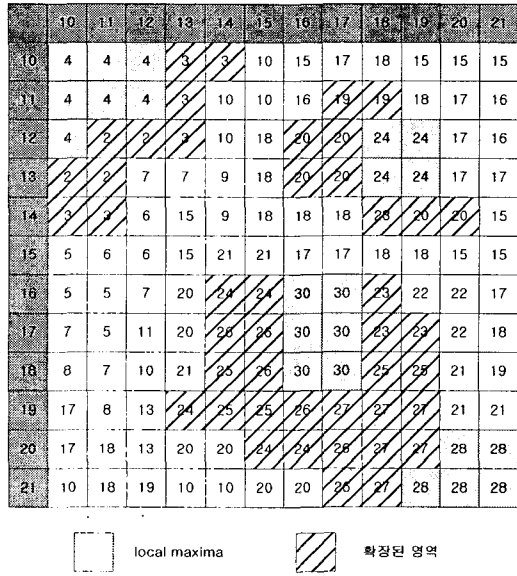


그림 5. 초기 후보영역의 확장

확장 범위는 잡음이 제거된 차영상에서 가장 높은 픽셀 값과 0을 제외한 가장 낮은 픽셀 값 사이의 범위에서 일정 비율로 정하게 된다.

2.3 영역 확장

초기 후보영역 선택을 통한 후보 영역 선정은 불필요한 잡음을 제거하고 계산량을 줄이기 위한 것이다. 후보 영역의 확장 과정은 점진적으로 진행되어 최대한 완벽한 이동물체의 형태를 추출하는 데 그 목적이 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해 화소 단위의 영역 확장 방법을 사용할 수 있으나 계산량이 매우 크기 때문에 그대로 사용하기에는 부적합하다. 이 문제의 해결을 위해 본 연구에서는 레벨단위의 확장 방법을 채택하였다.

초기 후보영역으로부터 영역 확장 과정에서의 핵심은 지금까지 결합된 후보영역에 연결된 새로운 영역을 추출하고, 이것을 후보영역에 결합하고 영역 확장을 계속할 것인가, 아니면 현재 확장된 영역을 버리고 확장을 중단할 것인가를 판별하는 과정이라고 볼 수 있다. 이 과정에서는 계산량을 최소화하기 위해 이미 결합된 부분을 제외하고 경계 부분으로부터 밖으로 확장하는 레이블링 방법을 고안하였다. 특히 이 레이블링 방법은 확장 영역의 둘레 및

넓이를 함께 추출할 수 있어 형태정보의 특성을 추출하는 시간을 단축할 수 있다. 이렇게 확장된 영역은 상황에 따라 여러 가지 형태를 갖게 된다.

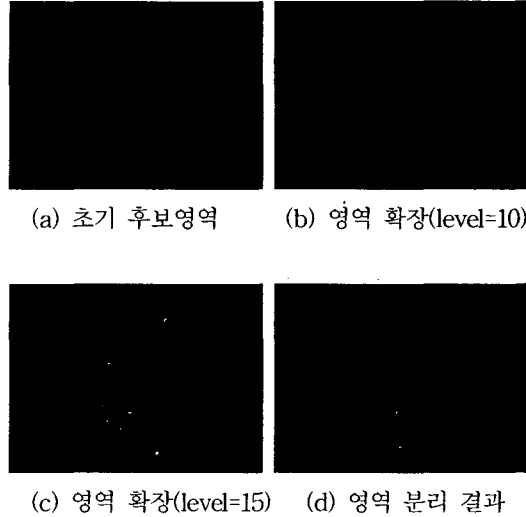
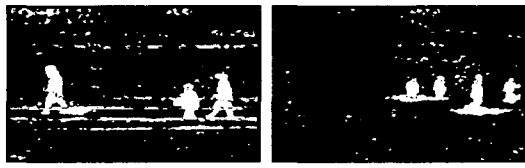


그림 6. 영역 확장 단계

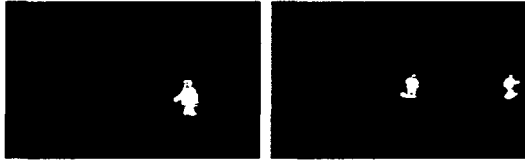
영역을 확장하는 단계에서 주위 배경을 포함하는 잘못된 확장이 이루어지면 확장을 중지하고 확장된 배경 잡음 영역을 제거하는 방안이 필요하다. 배경 잡음 영역이 확장된 경우 이동물체와는 다르게 영역의 대부분이 넓게 퍼져 있거나 직선형태이고, 영역의 면적이 영상 전체적으로 나타나게 된다. 따라서 이러한 경우는 확장을 수행할 때마다 확장된 영역의 형태정보 즉, 확장된 영역의 면적과 둘레, 평균 밝기 값, 밀집도 등을 이용하여 쉽게 제거가 가능하다.

3. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안한 방법을 테스트하기 위한 환경으로 Pentium-III 500Mhz, RAM 256MB, Visual C++ 6.0을 이용하였으며, 영상처리 알고리즘 개발도구인 "Hello-Vision 2000"의 내부 함수로 알고리즘을 개발하였다. 실험에 사용된 영상은 디지털 캠코더를 이용하여 실제 야외 환경을 대상으로 촬영하였다.



(a) 잡음 모델링 방법



(b) 다중 임계치 방법



(c) 제안한 방법

그림 7. 영역 분리 결과

그림 7의 (a)는 차영상의 배경을 모델링하여 추출된 단일 임계값을 이용하여 차영상을 임계화한 결과이다. 그림에서 보듯이 이동물체의 외곽선이 명확하지 않고 많은 잡음 영역을 포함하고 있으며, 영상 내에 서로 다른 밝기값을 갖는 두 개 이상의 이동물체가 존재하는 경우 영역의 일부가 손실되어 나타난다.

그림 7의 (b)는 다중 임계치 기법을 적용한 결과로서 잡음 모델링 기법보다는 이동물체를 정확히 분리할 수 있지만, 초기영역 선택의 실패로 인해 상대적으로 낮은 밝기값을 갖는 이동물체는 분리하지 못하는 문제가 있다.

그림7의 (c)는 제안한 알고리즘을 통해 추출된 이동물체 영역을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 주위 잡음의 영향을 적게 받으며 상대적으로 어두운 밝기값을 갖는 이동물체 영역도 효과적으로 분리할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 고정된 카메라로부터 입력되는 영상열로부터 주위 잡음과 무관하게 이동물체 영역을

분리하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 이동물체 분리를 위한 알고리즘은 이동물체가 없는 초기 참고영상과 카메라로부터 입력되는 입력영상과의 차영상을 구하고, 차영상에서 배경잡음 모델링을 통해 배경이라고 확신할 수 있는 영역을 제거한다. 배경잡음이 제거된 영상에서 국부 최대값(local maxima)들을 이용해 영역 확장을 위한 초기 후보영역을 선택하였다. 초기 후보영역의 특징을 분석하여 최종 후보영역을 추출하고, 선택된 영역들을 중심으로 형태정보에 기반하여 영역을 선별적으로 확장하는 방법을 제안하였다.

본 논문은 기존 연구에서 문제시되고 있는 고정된 배경 영역에서 배경물체의 순간적인 변화로 인해 나타나는 다양한 종류의 잡음 속에서도 효과적으로 이동물체 영역이 분리 될 수 있음을 보이고 있다.

그러나 보다 신뢰성있는 결과를 얻기 위해 다양하고 많은 자료를 바탕으로 한 실험과 수정이 필요하며, 상황이 변함에 따라 발생할 수 있는 여러 가지 문제점들이 고려되어야 한다.

5. 참고문헌

- [1] Daniel A. Pritchard, "Status of the Video Imaging System for Detection Tracking and Assessment(VISDTA) Scanning Sensor Program," IEEE, ICCST'92, pp.194-196, 1992
- [2] HongJiang, Yihong Gong, "Moving Object Detection, Tracking and Recognition," The Third Internal Conference on Automation, Robotics and Computer Vision, Singapore, Nov 9-11, pp.1990-1994, 1994
- [3] Michael Hotter, Rudolf Mester, Frank Muller, "Detection and description of moving object by stochastic modeling and analysis of complex scenes," Signal Processing:Image Communication Vol.8, pp.281-293, 1996
- [4] H.Duane arlowe, Denise E. Coleman, "The Mobile Intrusion Detection and Assessment System(MIDAS)," IEEE, ICCST'90, pp.54-56, 1990
- [5] Paul L. Rosin, Tim Ellis, "Image defference threshold strategies and shadow detection," In British Machine Vision Conf., pp.347-356,

1995

- [6] Paul L. Rosin, "Edges: saliency measures and automatic thresholding," *Machine Vision and Applications*, Vol.9, pp.139-159, 1997
- [7] Paul L. Rosin, "Thresholding for Change Detection," Brunel University, technical report ISTR, 1997
- [8] E. R. Hancock, J. Kittler, "Adaptive estimation of hysteresis threshold," *Proc. IEEE Computer Society Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.196-201, 1991
- [9] Marco Accame, Francesco G.B. De Natale, "Edge detection by point classification of Canny filtered images," *Signal Processing* Vol.60, pp.11-22, 1997
- [10] Luc Vincent, Pierre Soille, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion simulations," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.13, No.6, pp.583-598, 1991
- [11] Andre Bleau and L. Joshua Leon, "Watershed-Based Segmentation and Region Merging," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.77, pp.317-370, 2000