

## 이동카메라 환경에서의 에지 세그먼트 정합을 통한 이동물체 검출

이 준 형\*, 채 옥 삼\*\*

### Moving Object Detection with Rotating Camera Based on Edge Segment Matching

June-Hyung Lee \*, Ok-Sam Chae \*\*

#### 요 약

본 논문에서는 카메라 회전에 의한 배경의 왜곡이 존재하는 환경에서 조명변화와 대상물체의 흔들림에도 강건한 에지 세그먼트 정합을 통한 이동물체 자동 검출방법을 제안한다. 이동물체 검출을 위한 기존의 연구는 카메라가 고정되어 있는 환경을 대상으로 한 연구가 주를 이루지만 응용분야의 확대로 카메라를 회전함으로써 하나의 카메라로 보다 넓은 영역을 커버할 수 있는 시스템에 대한 요구가 커지고 있다.

본 연구에서는 왜곡이 적은 에지세그먼트 기반 배경 파노라마 영상 생성 방안, 왜곡이 포함된 파노라마 영상에서 신속하게 현재 영상의 배경에지영상을 추출할 수 있는 에지특징 기반 GHT를 이용한 배경영상생성 방안, 시점의 차이와 왜곡을 극복하고 신뢰성 있게 이동 에지 세그먼트를 추출할 수 있는 에지 정합방안을 제안한다. 실험결과 제안한 방법은 조명 변화와 카메라의 흔들림에도 정확한 이동물체 검출이 가능성이 입증되었다.

#### Abstract

This paper presents automatic moving object detection method using the rotating camera covering larger area with a single camera. The proposed method is based on the edge segment matching which robust to the dynamic environment with illumination change and background movement.

The proposed algorithm presents an edge segment based background panorama image generation method minimizing the distortion due to image stitching, the background image generation method using Generalized Hough Transformation which can reliably register the current image to the panorama image overcoming the stitching distortions, the moving edge segment extraction method that overcome viewpoint difference and distortion. The experimental results show that the proposed method can detect correctly moving object under illumination change and camera vibration.

▶ Keyword : 배경 왜곡(Background distortion), 이동 물체 검출(Moving Object Detection), 파노라마 영상(Panorama Image), 에지 정합(Edge Matching)

---

• 제1저자 : 이준형 교신저자 : 채옥삼  
• 접수일 : 2008. 8. 8, 심사일 : 2008. 9. 12, 심사완료일 : 2008. 11. 26.  
\* 극동정보대학 전산공무원 양성과 교수 \*\*경희대학교 컴퓨터 공학과 교수

## I. 서론

카메라와 비디오를 이용한 이동물체 검출에 관한 연구는 우범지역 감시, 독거노인의 이상 유무 판단, 군사 분야 등과 같은 다양한 분야에 활용되고 있다. 군사 분야 등에서는 많은 진전이 이루어져 왔지만 주택이나 주요시설의 침입자 감지와 같은 보다 일반적인 응용분야에서 사용자의 요구를 충족시키기 위해서는 아직도 많은 연구가 필요하다. 본 연구에서는 하나의 카메라로 보다 넓은 영역을 감시할 수 있는 이동카메라를 기반으로 하는 이동물체 검출의 새로운 방안을 제시한다.

비디오카메라를 이용한 이동물체 검출과 관련된 기존 연구는 크게 고정된 카메라를 이용하는 경우와 이동하는 카메라를 이용하는 경우로 나눌 수 있다[1][2]. 이동카메라에서 입력되는 영상 열에서는 배경과 물체가 함께 움직이는 반면 고정카메라에서는 배경이 고정되기 때문에 상대적으로 분석이 쉽고 검출의 정확도가 높다. 고정카메라를 이용한 이동물체 검출에 관한 연구는 다시 배경영상을 이용하는 경우와 그렇지 않은 경우로 나뉜다. 고정카메라를 이용하는 경우 배경영상에 포함되는 정보를 이용하여 현재 영상에 포함되는 배경을 제거함으로써 이동물체를 검출한다[3][4]. 배경영상을 사용하지 않는 방법에는 광류를 이용한 방안 등이 있다[5]. 광류를 이용한 방법은 두 영상 사이에서 각 화소의 이동벡터를 구하고 같은 움직임 벡터를 갖는 화소나 블록들을 clustering하여 이동물체를 검출하는 방법이며 계산량이 많고, 안정성이 떨어지는 문제점이 있다. 배경영상을 이용한 방법 중 가장 많이 연구되어 활용되고 있는 방안은 계조영상을 배경으로 모델링하고 현재영상에서 이동물체가 포함되지 않는 배경영상을 뺀 차영상을 기반으로 하는 것이다. 이러한 방법의 결과는 현재 영상의 배경과 유사한 배경영상을 참조영상으로 생성하고 유지하는 것에 달려 있다. 하지만 나무와 같은 배경의 움직임, 조명변화나 배경의 반사 등이 존재하는 동적인 입력환경에서 참조영상을 이동물체를 배제하고 현재의 배경과 같게 유지하는 것은 매우 어렵다[6].

참조영상과 현재영상 사이의 차이를 극복하고 이동물체가 보다 강조된 차영상을 생성하는 방안[7]과 이렇게 생성된 차영상에서 이동물체를 적응적으로 검출하기 위한 방안[6] 등이 연구되었다. 하지만 이들 방법도 큰 조명변화나 배경의 움직임에 대한 문제를 해결하지 못하고 많은 오경보율로 실용화에 어려움을 겪고 있다[8].

이러한 문제를 좀 더 근본적으로 해결하기 위해서 A.Makarov 등은 계조영상이 아닌 에지영상으로 참조영상을

모델링하는 방안을 제안하였다[6]. 이 방법에서는 입력영상에서 에지를 검출한 다음에 에지참조영상과 비교하여 현재영상에서 배경에지를 제거함으로써 이동물체의 에지를 검출하게 된다. 하지만 이 방법은 카메라의 작은 떨림이나 조명변화에 따른 반사특성에 따라서 참조에지와 현재 배경에지가 일치하지 않는 경우가 많다.

에지영상의 차영상을 이용한 방법의 장점을 살리면서 단점을 보완하기 위해 에지세그먼트를 기반으로 하는 방안이 제안되었다[7]. 여기서는 참조영상을 에지화소가 아닌 세그먼트 단위로 표현하고 각 세그먼트가 가지고 있는 형태와 밝기정보를 활용하여 참조영상의 배경에지 세그먼트와 현재영상의 에지를 정합함으로써 에지화소를 이용한 방법의 문제점을 부분적으로 극복하였다.

이동카메라를 이용한 이동물체 검출 연구는 카메라가 이동하면서 여러 장의 부분 영상들을 짜깁기하여 배경영상을 생성하고, 카메라에서 입력된 영상에 포함된 배경영상을 광역 파노라마 배경영상으로부터 생성한 다음에 고정카메라에서 사용했던 방법들을 이용하여 이동물체를 검출하는 방안을 제안하였다[9]. 하지만 이런 방법은 고정카메라를 이용한 이동물체 검출 방법들의 문제점을 포함하는 동시에 영상 짜깁기 과정에서 유입된 영상왜곡이 포함되어서 이것으로부터 생성되는 배경영상은 현재영상에 포함된 배경과는 상당한 차이가 존재한다.

따라서 이동카메라를 이용하여 정확하게 이동물체를 검출하기 위해서는 조명변화에 덜 민감한 배경영상 표현 방법, 배경 파노라마 영상을 생성할 때 유입되는 왜곡을 줄일 수 있는 방법, 배경의 움직임이나 배경 파노라마 영상의 왜곡을 극복할 수 있는 보다 유연한 정합방법 등이 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어서, 2장에서는 영상 모자이크, 영상등록(registration) 방식과 이동물체 검출방법에 관한 기존 연구와 문제점을 파악한다. 제 3장은 제안된 이동물체 검출과 배경 에지 영상 갱신을 위한 효율적인 방법을 제안한다. 제 4장에서는 이동물체 검출 결과를 분석한다. 제 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 기존 연구 동향

본 연구에서는 하나의 카메라로 보다 넓은 영역을 감시할 수 있는 이동카메라를 기반으로 하는 이동물체 검출 방안을 제시한다. 이를 위해서 넓은 파노라마 배경영상 생성 방법과 이 배경영상에서 현재 입력된 영상에 해당하는 배경을 추출하기 위한 등록방법 그리고 배경 영상과 현재영상을 비교하여 이

동예지를 추출하는 방법에 대한 기존의 연구동향을 알아본다.

## 2.1 영상 모자이크

영상 모자이크는 내용이 다른 여러 장의 영상을 모아 하나의 통합된 영상으로 재구성하는 기술이다[9]. 영상 모자이크의 한 형태인 이미지 짜깁기(stitching)는 영상 등록과 병합으로 이뤄지며 파노라마 영상 생성에 이용되고 있다. 파노라마 영상 생성과 관련되어서는 영상기반 가상현실을 위한 파노라마 영상 생성 연구 분야에서 많이 연구되었으며 대표적인 방법은 평면 영상 모자이크, 파노라믹 영상 모자이크 방법 등이 있다.

R. Szeliski는 파노라마 배경 영상 생성을 위한 평면 영상 모자이크에 8 파라미터 변환 모델을 사용하였다. 이 방법은 중첩영역에 쉽게 구분할 수 있는 특징이 없어도 사용가능하고 비선형 반복 최소화 알고리즘인 Levenberg Marquardt 방법 등을 사용하여 영상간의 차이를 최소화시키는 변환행렬을 구한다. 그러나 이 방법은 변환 모델의 모든 파라미터를 구함으로 계산시간이 매우 크다. 또한 두 프레임 사이의 움직임이 커 초기치가 적절치 못하면 국부 최소화에 빠지고 수렴 속도도 낮은 문제점이 있다.

파노라믹 영상 모자이크 방법은 카메라의 광축을 중심으로 회전하면서 영상을 취득한 여러 장의 2D 영상을 붙여서 파노라마 배경 영상을 생성한다. 이런 방법의 대표적인 방법으로서 실린더 변환 모델은 실린더 뷰잉 표면을 이용하여 정합하고자 하는 두 영상을 워핑한다. 영상 획득 과정에서 유입된 왜곡을 보정하기 위해 영상의 각 점을 알려진 카메라 초점거리를 이용하여 실린더 좌표로 변환한다. 만약 초점거리를 모를 경우에는 두 영상을 이용한 8 파라미터 변환모델로 구한다. 이 변환 모델을 이용하는 경우 실린더 좌표계에서의 정합은 순수한 이동 변환 모델로 간주할 수 있다.

이동카메라를 이용한 광역의 영역에 대한 이동물체 검출을 위해서는 넓은 영역에 해당하는 큰 파노라마 배경 영역이 필요하다. 광역의 파노라마 배경 영상은 카메라를 이동시켜 획득한 영상의 중첩되는 영역을 연결하여 생성한다. 그러나 기존의 이동 카메라를 이용해 생성된 파노라마 영상은 영상 취득하는 동안 카메라의 회전에 의한 영상 평면의 방향 변화로 인해 배경 영상의 중심에서 멀어질수록 픽셀간의 거리가 커지는 왜곡이 발생한다. 따라서 이미지 짜깁기가 수행되기 전에 실린더와 같은 동일 표면으로 투영될 필요가 있다. 실린더 투영 워핑은 카메라 파라미터를 구한다음, 실린더 좌표 표면으로 변환하여 연결부위를 부드럽게 처리하여 카메라 회전에 의한 인접한 영상 평면간의 왜곡으로 발생하는 오차를 줄일 수

있다. 그러나 기존의 실린더 좌표를 이용한 파노라마 영상을 생성하는 경우, 필요한 초점거리를 예측하기 위해 두개 이상의 이미지간의 관계를 이용하는 것은 매우 부정확하여 이로 인한 등록에 심각한 오류를 야기할 수 있다.

## 2.2 영상 등록

파노라마에서의 영상 정렬(alignment)은 정확한 영상 등록 알고리즘을 이용하여 파노라마 배경 영상과 새로 입력되는 현재 입력 영상의 정확한 정합 위치를 결정한 다음, 두 영상간의 이동 변위를 구하여 현재 영상의 위치를 조정하여 파노라마 배경 영상에 정렬하는 것이다. 영상 등록은 두 대응하는 영상의 중첩 영역에 대한 차이가 최소가 되도록 정합하여 서로 일치될 수 있는 위치를 찾는 것이다. 영상 등록은 영상 전체 영역의 밝기 값을 이용하여 정합위치를 찾는 방법과 영상의 공통 특징 정보만을 이용하여 정합위치를 찾는 방법으로 나눌 수 있다. 밝기 값 기반 방법은 밝기 값의 통계 정보를 이용하는 방법 등이 있지만 이런 방법은 계산량이 크고 조명 변화에 민감한 문제가 있다. 특징 기반 방법은 영상의 에지, 분기 점 등의 공통의 특징 정보를 이용하지만 잡음이나 가려짐 등으로 영상의 어떤 점들은 대응점을 찾지 못하는 경우 영상 등록은 문제가 발생한다. 기존의 에지 특징기반 정합은 영상의 에지 특징을 탐색하여 모든 대응하는 에지 특징을 결정하는 경우 시간이 많이 걸린다. 또한 배경 영상과 현재 입력된 영상의 정확한 일치되는 부분을 찾기 위해서 코너 점을 이용하거나 현재 입력 영상전체를 패턴 정합에 이용하는 전역 템플릿 방법은 계산량이 크다.

이동 카메라 환경에서의 광역의 영역에 대한 현재 영상 등록은 고정된 카메라를 이용한 영상 등록의 문제점을 내포하고 있다. 기존의 이동 카메라 환경에서의 영상 등록을 위한 J. Hoshino가 제안한 방법은 카메라 회전과 대상물의 움직임에 의한 왜곡으로 파노라마 배경과 입력 영상간의 정확한 등록을 수행하는데 계산량이 많고 영상 전체를 대상으로 영상 등록이 수행되어 오류정보가 검출되고 정확한 정합 점을 찾기 어렵다. Chamfer정합에 의한 영상등록 방법은 최소거리를 갖는 픽셀위치의 주변영역을 이용하여 최적의 위치를 추정하는 방법이지만 배경영상간의 차이로 인한 배경 왜곡이 있는 상황에서는 정확한 정합 점을 찾기 어렵다. 기존의 GHT는 영상 등록을 위한 물체의 위치와 방향을 찾는데 이용되었으나 파노라마 영상 생성 과정에서 유입된 왜곡으로 인한 투영된 대상물체의 위치 차이를 극복하지 못하였다. 따라서 파노라마 배경 영상 생성 과정에서 카메라 회전에 의한 위치 변화와 크기 변화에 의한 왜곡과 짜깁기 과정에서의 왜곡이 존재하는 상황에

서 왜곡에 의한 오류, 조명 변화, 흔들림 등으로 인한 형태 및 방위 변화를 극복하고 정확한 정합 위치를 찾을 방법이 필요하다.

## 2.3 이동물체 검출과 배경 에지 갱신

카메라를 이용한 침입자 감지는 이동물체를 검출하는 과정과 이동물체를 판별하는 과정으로 분류할 수 있다. 이동물체 검출[10]은 서로 다른 시간에 객체를 관찰하여 상태 차이를 식별하는 과정이다. 고정 카메라 환경에서 배경영상을 사용하지 않는 경우는 광류를 이용한 방법과 통계적 세그먼테이션 방법 등이 있다[5][11]. 광류를 이용한 방법은 이동카메라에도 적용가능한 방법이지만 잡음에 민감하며 물체의 윤곽선을 탐지하기 위해 부분적으로 이동방향이 다른 물체를 분리하는 데는 어려움이 있어 응용분야가 극히 제한되어 있다. 통계적 세그먼테이션 방법은 비교적 좋은 결과를 제공하지만, 계산 비용이 매우 크다. 배경영상을 이용한 차영상 방법은 배경영상을 참조영상으로 하여 현재영상에 포함되는 배경정보를 제거함으로써 이동물체를 검출한다. 배경이 변하지 않는 이상적인 상황에서는 차영상에서 배경 화소 값은 0이 되지만 조명 변화가 크고 배경이나 카메라의 떨림이 있는 경우에는 오류가 발생한다. 또한 어떠한 배경영상 모델링 방법을 쓰던 배경영상과 현재영상의 배경 사이에는 밝기값 차이와 배경물체의 위치 차이가 존재한다. 이러한 문제를 극복하기 위한 많은 연구가 진행되었으며 윤곽선의 화소값을 이용하려는 시도가 있었다 [6]. 이 연구에서는 조명변화에 대한 적응력을 높이기 위하여 조명변화에 비교적 덜 영향을 받는 물체의 윤곽선 정보를 이용하였다. 또한 J.Canny는 배경의 에지영상과 현재 영상에서 추출된 에지 영상의 차를 구해서 이동물체를 구성하는 에지화소들을 추출하였다[12]. 즉, 현재 영상의 에지 화소 중에서 참조 영상에서 배경 화소만을 남기고 나머지를 제거하여 이동물체의 에지화소를 검출한다. 그러나 이러한 방법들은 화소단위로 배경과 현재 영상의 에지 차이를 구하기 때문에 물체의 움직임이나 조명으로 인한 에지 위치 변화에 의한 오류가 발생한다. 또한 중첩이나 잡음으로 인해서 부분적으로 누락된 에지정보가 추출되고 이동하여 정지하고 있는 물체와 배경물체의 구분이 어렵다. 화소단위 에지 픽셀 기반 정합에서 두 대응 에지 픽셀간의 잘못 검출할 오류를 줄이기 위해 에지에 인접한 주변 픽셀을 정합에 같이 이용함으로써 참조 배경영상의 에지는 현재 영상의 배경에지를 포함할 수 있도록 충분히 두꺼워야 한다. 이러한 픽셀단위의 밝기 값 차와 화소단위 에지 픽셀 정합은 고정 카메라는 물론 이동 카메라의 경우에도 같은 문제점을 내포하고 있다.

이동 카메라를 이용한 이동물체 검출은 회전하면서 입력된 현재영상을 배경 파노라마 영상과 비교하여 이동물체를 검출해야 한다. [13]에서는 이동 카메라를 이용하여 획득한 영상에 대한 파노라마 배경 영상에서 이동물체를 검출하기 위해 가중치를 이용한 LS(Least Square)방법을 사용하였다. 그러나 차영상에 대한 임계치를 적용한 LS방식은 최적의 임계치 결정이 어렵고 계산량이 크고 잡음과 조명 변화에 민감하다. 또한 파노라마 배경과 현재 입력 영상에서 조명변화가 있는 환경에서 화소 단위로 에지의 차를 구하여 현재 영상에서 배경을 제거하여 이동물체를 검출하는 방법은 카메라 회전에 의한 왜곡으로 인해 오류가 발생한다. Anurag Mittal와 Dan Huttenlocher[14]의 이동카메라 환경에서의 이동물체 검출은 특정 위치의 픽셀들에 대한 평균값이나 중앙값만을 이용하였으나 조명 변화와 움직임은 물체 등의 동적 변화가 있는 환경에 적용하는데 문제가 발생한다. [14]에서는 광역 영역에 대한 감시를 위해 도로, 자동차, 그림자 등의 배경 픽셀을 명시적으로 정의한 배경 모델링을 사용하여 더 안정적이며 더 많은 정보를 활용하였다. 그러나 이런 방법들은 카메라 회전이나 대상물체의 움직임으로 인한 위치 변화 때문에 발생하는 배경 왜곡 문제를 고려하지 않아 광역의 영역에서의 이동물체 검출에는 여전히 많은 문제가 남아있다.

주차되어 일정시간 동안 움직이지 않는 자동차와 같이 배경정보는 수시로 변화되기 때문에 이런 변화를 수용하기 위해서는 배경에지를 갱신해야 한다. [13]에서는 파노라마 배경영상 갱신을 위해 Levenberg Marquardt 알고리즘을 반복적으로 적용하여 평면 투영 변환 행렬 파라미터를 재계산하였다. 그러나 이런 반복적 최소화 알고리즘은 계산량이 크고 초기화가 적절하지 못한 경우 국부 최소화와 낮은 수렴 문제가 발생한다. 또한 기존의 픽셀 단위 배경 정보 표현은 수시로 변경되는 상황을 수용하기 위한 배경에지를 갱신하기가 쉽지 않고 지속적인 이동물체 감시가 어렵다[15]. 따라서 환경 변화에 능동적으로 대처하기 위해서는 이동에지가 오랜 시간 동안 배경에 머무르면 배경에지로 등록하는 등의 유연한 배경에지 관리가 필요하다.

## 2.4 기존 연구 방법의 문제점

하나의 카메라로 넓은 영역을 감시할 수 있는 이동카메라를 기반으로 하는 이동물체 검출 방법에 대한 기존의 문제점은 다음과 같다.

이동 카메라를 이용한 파노라마 영상 생성은 영상 취득하는 동안 영상 평면의 방향 변화로 인한 픽셀간의 거리가 변하는 왜곡이 발생한다. 실린더 좌표를 이용한 파노라마 영상을

생성하는 경우, 카메라 초점 거리는 8파라미터 변환 모델을 사용해 예측할 수 있지만 계산량이 매우 크다. 실린더 모델을 이용하여 왜곡을 줄인 배경 영상을 구할지라도 파노라마 배경과 현재 입력 영상의 배경 간에는 왜곡으로 인한 오류가 여전히 남아 있어 이를 해결할 방법이 필요하다.

배경영상에서 현재 입력된 영상에 해당하는 배경을 추출하기 위한 등록방법은 카메라의 회전을 통해 영상을 취득하는 과정에서 카메라와 대상물체의 위치와 회전 변화로 인한 배경 영상에 왜곡이 발생한다. 따라서 이러한 왜곡으로 정확한 정합 위치를 찾기 어렵고 배경과 입력 영상간의 이동 변위를 구하기 어렵다. 또한 왜곡으로 인해 에지 위치의 차와 대상물체의 에지 손실 등의 오류 정보가 존재하는 경우 기존의 정합 방법으로는 정확한 정합 위치를 찾는 것이 어렵다.

배경 영상과 현재영상을 비교하여 이동에지를 추출하기 위한 화소단위로 배경과 현재 영상의 에지 차이를 구하는 기존의 방법은 물체의 움직임이나 조명으로 인한 에지 위치 변화에 의한 오류가 발생한다. 또한 중첩이나 잡음으로 인해서 부분적으로 누락된 에지정보가 추출되고 이동하여 정지하고 있는 물체와 배경물체의 구분이 어렵다. 화소단위 에지 픽셀 기반 정합에서 두 대응 에지 픽셀간의 잘못된 검출할 오류를 줄이기 위해 에지에 인접한 주변 픽셀을 정합에 같이 이용함으로써 참조 배경 영상의 에지는 현재 영상의 배경에지를 포함할 수 있도록 충분히 두꺼워야 한다. 기존의 방법들은 카메라 회전이나 대상물체의 움직임으로 인한 위치 변화 때문에 발생하는 배경 왜곡 문제를 고려하지 않아 광역의 영역에서의 이동물체 검출이 어렵다.

### III. 이동 카메라 환경에서의 에지 세그먼트 기반 이동물체 검출

제안하는 이동 카메라 환경에서의 이동물체 검출은 초기 파노라마 배경 에지 영상 생성, 현재 영상 등록 및 배경 에지 리스트 생성, 이동물체 검출 및 배경에지 갱신 과정으로 구성된다. 초기 파노라마 배경 에지 영상 생성에서는 수평 방향 회전 카메라를 이용하여 획득한 입력 영상에서 정규화를 통해 영상 표면의 왜곡을 최소화 시킬 수 있는 실린더 변환 모델을 이용하여 생성한다. 현재 영상 등록에서는 배경 영상과 현재 입력 영상에 대한 에지 특징 정합을 이용해 파노라마 배경 에지 영상에 대한 정확한 정합 위치를 결정한다. 현재 영상을 파노라마 배경 영상에 정렬한다. 또한 현재 입력 영상의 배경 영상은 에지를 추출한 다음 에지 리스트로 저장한다. 이동물체 검

출에서는 파노라마 배경 에지 영상과 현재 입력 에지 영상간의 정합을 통해 정확하고 신속한 이동 에지를 추출한다. 배경에지 갱신 과정에서는 이동되어 오랫동안 움직이지 않는 배경과 지속적인 이동물체 감시를 위해 에지 세그먼트 리스트에 가중치를 부여하여 참조 배경 에지 영상을 갱신한다.

#### 3.1 초기 파노라마 배경 에지 영상 생성

초기 파노라마 배경 에지 영상 생성에서는 카메라를 회전 하면서 입력되는 여러 장의 영상을 결합하여 감시영역 전체를 포함하는 배경 영상을 생성한다. 카메라를 수직축을 중심으로 해서 회전시켜 획득한 영상들을 결합할 때 두 영상에서의 뷰잉 행렬은 수직방향 회전을 제외하면 동일하다. 그러나 카메라 회전을 통해 획득된 영상은 영상의 중앙에서 멀어질수록 한 화소가 나타내는 실제 면적이 커진다. 이러한 화소의 위치에 따라서 달라지는 영상 왜곡을 최소화하기 위하여 실린더 변환 모델을 이용해 실린더 좌표에 사상하여 정규화를 수행한다. 또한 파노라마 배경 영상은 짜깁기 과정에서 인접한 영상간의 연결부위에 이음매가 많이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 인접 프레임 간 중복이 큰 영상 시퀀스를 생성한 다음 현재 입력 영상의 중심부를 기준으로 중심에서 가까운 거리에 있는 영상의 일부분을 선택하여 이음매를 최소화시켜 부드럽게 연결된 파노라마 배경 영상을 생성한다. 실린더 파노라마 영상 생성은 관련요소를 추정한 다음, 영상을 워핑하고 워핑된 영상을 실린더에 투영한다. 파노라마 배경 영상 생성은 인접한 두 장의 영상을 입력받아 영상의 이동 운동 요소와 중첩 영역을 계산한다[16]. 두 영상의 중심에서 같은 거리에 해당하는 이동운동요소는 <식 1>과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} Min \\ 0 \leq \Delta x \leq w/2 \\ -\lambda \leq \Delta y \leq \lambda \end{matrix} \quad \dots (식 1) \\
 & \sum_{s=-h/2}^{h/2} [I_x(m_x + \Delta_x, m_y + s) - I_{x+1}(m_x - \Delta_x, m_y + \Delta_y + s)]^2
 \end{aligned}$$

<식 1>에서  $m_x, m_y$ 는 영상 중심,  $(\Delta_x, \Delta_y)$ 는 영상 중심에서의 이동거리,  $h, w$ 는 영상의 크기,  $s$ 는 비교될 부분 영상 수직 크기,  $\lambda$ 는 수직 방향 검사 범위를 나타낸다. 두 개의 인접한 영상에 대해 <식 1>을 적용한 결과 중에서 최소값을 가지는  $(\Delta_x, \Delta_y)$ 가 이동운동요소가 된다. 중첩영역은 구한 이동요소로부터 영상의 중심에서 같은 거리에 위치한 부분에 해당된다. 두 인접한 영상의 중심으로부터 동일한 거리에 있는 부분 영상을 선택해 <식 2>의 워핑 함수를 통해 실린더에 투영한다. 즉, 영상 스트립을 구성하는 픽셀들을 픽셀단위로 실린더에 워핑시켜 실린더 위치에 투영한다.

$$u = f \times \tan^{-1}\left(\frac{x}{f}\right), \quad v = \cos(\theta) \times y \quad \dots\dots\dots (식 2)$$

제안한 방법은 잡음과 조명 등의 환경 변화에 의한 영향을 줄이기 위해 파노라마 배경 영상에서 추출한 에지를 에지 리스트로 표현하고 각각의 세그먼트 사이의 관계정보와 함께 독립적인 객체로 표현하였다. <그림 1>은 초기 파노라마 배경 에지 영상이다.



그림 1. 초기 파노라마 배경 에지 영상  
Fig 1. Initial Panorama Background Edge Image

한편 차 영상을 기반으로 하는 이동물체 검출 방법의 문제점은 조명 변화와 잡음 등에 효율적으로 적용할 수 있는 참조 영상의 생성이 어렵다는 것이다. 에지 검출 알고리즘을 통해 구한 물체의 경계에 해당하는 배경의 구조적 에지정보는 거의 변화가 없다. 그러나 배경의 주요 에지들은 카메라 모션, 카메라 측정 에러로 인해 추출되지 않을 수도 있다. 따라서 만약 참조 에지 리스트가 단일 배경 영상에서 생성된다면 배경 에지들은 카메라 모션 등의 에러 때문에 사라지는 경우 오보가 생성될 수 있다. 그러나 입력 영상들을 서로 다른 동작 환경에서 구한다면 좋은 참조 에지 리스트를 만들 수 있다. 그러기 위해서는 한 프레임씩 에지 연산자를 적용한 다음, 프레임의 경사 크기를 8레벨로 양자화하고 해당 값들은 영상 크기의 누적 배열로 누적한다. 누적분포함수안의 각각의 임계치 값을 이용해 8개의 양자화 레벨이 선택되는 경사 영상의 누적 분포를 분석하여 양자화를 수행한다. 이때 히스토그램의 중요 계곡들이 중간 임계치로 선택된다. 누적 배열은 모든 입력 영상들의 효과를 갖는 경사 영상을 생성하도록 정규화 된다. 모든 입력영상을 대상으로 누적을 수행한 다음, 캐니 에지 검출 알고리즘으로 에지를 추출한다. 참조에지는 에지 세그먼트 단위로 저장되며 각 세그먼트의 방향과 길이 등의 특성정보도 함께 등록된다.

따라서 가능한 모든 동작환경에서 나타날 수 있는 모든 배경의 에지들을 추출하여 구조적으로 표현한 누적된 참조 배경 에지를 만든다. 이러한 참조 에지 누적을 통한 다양한 조명하

에서 생길 수 있는 많은 배경 에지를 모두 포함하여 오보율을 줄이는데 도움이 되게 한다. 제안된 이동 카메라 환경에서의 누적된 참조 배경 에지 영상은 오랫동안 감시 영역 전체에 대해서 회전 카메라를 수평 방향으로 회전시키며 영상을 촬영하여 누적하였다.

### 3.2 특징 패턴 추출과 현재 영상 등록

제안된 연구에서는 카메라에서 입력된 현재영상에서 이동 물체를 분리하기 위해서 현재 영상에 포함된 배경과 동일한 배경영상을 파노라마 배경영상으로부터 생성한다. 먼저, 현재영상의 배경정보를 바탕으로 파노라마 영상에서 현재영상과 일치하는 부분을 찾는다. 하지만 현재영상의 배경과 파노라마 배경영상 사이의 정합은 카메라의 시점변화에 따른 왜곡, 현재 영상의 조명변화에 따른 반사 왜곡, 흔들림으로 인한 변화 등으로 인해 두 영상의 배경에 차이가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 다음의 방안을 제안한다. 파노라마 배경 에지 영상에서 분별력이 높은 부분 에지들을 특징 패턴으로 선정한다. 현재 영상이 입력되면 주어진 카메라의 위치정보를 바탕으로 파노라마 배경영상에서의 검색영역을 결정하고 이 영역 내에 속한 에지특징들을 검색한다. 에지 특징들을 부분 패턴으로 하는 GHT를 이용하여 현재 영상에서 특징 패턴에 해당하는 위치를 찾아서 현재 영상을 파노라마 영상과 일치시킨다. 현재 영상과 일치하는 범위 내의 배경에지를 파노라마영상으로부터 분리하여 현재 영상을 위한 배경에지리스트를 생성한다.

#### 3.2.1 특징 패턴 추출

현재 영상 등록은 파노라마 배경 영상과 현재 입력된 영상의 차이를 조절하여 두 영상을 정확하게 일치시키는 과정이다. 제안된 방법에서는 현재 영상 등록을 위해 에지 특징 참고 패턴 GHT 기반 정합을 이용하여 파노라마 배경 영상과 현재 입력 영상간의 정합위치를 찾는다. 먼저 파노라마 배경 영상으로부터 에지 세그먼트들을 추출한 다음, 에지 세그먼트 리스트를 작성한다. 배경 에지 특징 참고 패턴의 생성은 형태의 변화가 많을 경우 추출되는 특징 참고 패턴 또한 많아지게 될 것이다. 따라서 빠르게 찾고자하는 에지의 위치 정보를 얻어야 하므로 배경 에지 세그먼트들 중에서 분별력이 높은 코너, 분기점, 곡률이 높은 점과 같은 부분들을 특징 패턴으로 선정하여 파노라마 배경 에지 리스트와 함께 유지 관리한다. 이런 참고 패턴의 이용은 왜곡에 의한 영향을 줄일 수 있고 계산속도가 빠르고 잡음에 강하다. <그림 1>의 파노라마 배경 영상에서 추출한 특징 에지를 에지 특징 참고 패턴으로 작성한 결과는 <그림 2>와 같다.

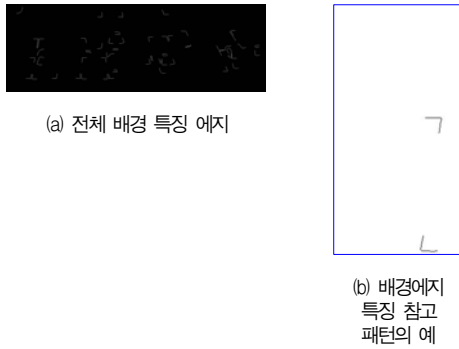


그림 2. 파노라마 배경 에지 특징 참고 패턴  
 Fig 2. Panorama Background Edge Feature Reference Pattern

### 3.2.2 GHT를 이용한 현재 영상 등록

파노라마 배경 영상과 현재 입력된 영상과의 차이를 통해 이동 물체 에지를 검출하기 위해서는 두 영상의 위치와 회전 변화에 의한 차이를 최소화시키는 영상 등록이 필요하다. 카메라의 회전을 통해 획득된 영상은 대상물의 위치 및 크기의 차와 짜깁기 과정에서의 왜곡으로 배경과 대상물체의 위치 차이가 존재하며 이런 문제들을 해결하기 위해 제안된 방법에서는 에지 특징 참고 패턴 GHT 기반 정합을 이용한 현재 영상 등록을 수행한다. 이 방법은 임의 특징 패턴의 위치를 찾을 때 찾고자 하는 대상 물체 픽셀위치와 함께 주변영역의 픽셀을 누산 배열의 셀에 누적함으로써 에지 기반 물체 검출에서 물체에 대한 에지 위치가 왜곡에 의해 변경되어 있더라도 정확한 물체의 위치를 찾을 수 있다. 즉, 위치와 크기 변화에 의한 왜곡을 해결하기 위해 GHT를 보완하여 정확한 위치를 추가적으로 찾는다. 이때 누산기의 범위를 계산된 위치와 계산된 값의 오차범위를 이용하여 한정함으로써 연산 시간의 단축과 정확성을 높일 수 있다. 정합을 위해서는 현재 입력 영상과 배경 파노라마는 같은 상태가 되어야 함으로 에지 검출 알고리즘을 적용하여 현재 입력 영상을 <그림 3>과 같이 실린더 사상시킨다.



그림 3. 실린더 사상된 현재 입력 영상  
 Fig 3. Cylinder mapped Current Input Image

이어서, 이전 영상의 등록 정보와 영상 획득 과정에서 사용된 회전각 등의 사전 정보를 이용하여 현재 입력 영상의 대략적인 위치를 결정한다. 현재 입력 영상의 중심부를 기준으로 정합 윈도우를 설정한 다음, 현재 영상에서 정합할 에지를 선택한다. 정합에 사용할 누적 배열을 초기화한 다음, 선정된 각 에지 세그먼트에 대해 배경 파노라마의 에지 특징 참고 패턴을 이용한 GHT 정합을 수행하여 정합되는 위치 값을 누적 배열 셀에 누적한다. 일정 범위 안에서 모든 에지 세그먼트에 대해 앞의 과정을 반복한 다음, 탐색 윈도우내에서 누적 배열의 최고값을 갖는 위치를 결정한다. 모든 입력 세그먼트에 대해 정합을 수행하여 전체 누적배열 셀에서 가장 큰 누적 값을 갖는 위치를 정확한 위치와 방위로 찾아 배경 파노라마에 대한 현재 입력 영상의 이동 운동 변위로 사용한다. <그림 4>는 파노라마 배경 에지 영상과 현재 입력 영상에 대한 에지 특징 참고 패턴 기반 GHT 정합을 수행하여 특징 에지의 위치를 찾은 결과이다.



그림 4. 파노라마 배경 에지 영상에 대한 정합 결과  
 Fig 4. Matching Result of Panorama Background Edge Image

정합 위치가 결정되면 구한 이동 운동 변위를 이용하여 현재 입력 영상을 배경 파노라마와 일치하도록 위치 조정하여 등록을 수행한다. 이 등록 방법은 GHT 수행 시 누적 셀을 이용하여 잡음 등의 주변 환경 변화에 민감한 문제를 해결한다. 또한 기존의 패턴 정합이 모델과 비교영상간의 물체가 정확히 일치해야 된다는 문제점이 있는 데 반해, 카메라 회전에 의한 왜곡으로 에지의 위치 차이를 지니고 있거나, 또는 어느 정도의 정보가 유실된 경우일지라도 그 위치를 빠르게 찾아낼 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이것은 영역 기반 방법과 달리 에지의 위치 변화에 대한 문제를 GHT 기반 정합을 통해 오류를 극복하는 결과가 된다.

에지 등록 방법에 의해 배경 파노라마에 대한 현재 입력 영상의 현재 위치가 결정되면 현재 영상에서 이동에지 세그먼트 추출을 위한 임시 배경에지 리스트를 생성한다. 등록에 의해 변환된 현재 영상을 클리핑 윈도우로 해서 윈도우 내에 들어가는 모든 에지 세그먼트를 분리하고 이 세그먼트들의 인덱스들로 구성되는 현재 에지 리스트를 만든다.

### 3.3 에지 세그먼트 기반 이동물체 검출과 배경 에지 갱신

이동물체 검출은 파노라마 배경 에지 리스트에 있는 배경 에지 세그먼트들을 현재 영상에서 찾아 제거하여 수행한다. 카메라 회전에 의해 현재 영상과 배경 파노라마 영상간의 배경 영상 차이로 인한 대상 물체의 위치 차와 조명 변화 등의 환경 요인에 의한 변화가 있는 상황에서 Chamfer 거리 기반 에지 세그먼트 정합을 이용해 정확한 이동물체를 검출한다. 또한 배경정보는 수시로 변화되기 때문에 이런 변화를 수용하기 위해서는 배경 에지를 갱신해야 한다. 제안한 에지 세그먼트 기반 이동물체 검출 방법은 물체의 형태 등의 정보를 이용할 수 있어 잡음과 조명 변화 등의 동적 환경변화에 강건한 이동물체 검출이 가능하다.

#### 3.3.1 에지 세그먼트 기반 이동물체 검출

카메라 회전을 통해 입력된 영상에서의 이동물체 검출은 영상 획득 과정에서 유입된 에지의 왜곡, 흔들림이나 조명변화로 인한 파노라마 배경에지와 현재영상의 배경에지의 차이, 에지 정보의 부분적인 누락에 의해 실패하기 쉽다. 따라서 픽셀단위의 정보를 이용한 기존의 이동물체 검출 방법은 이동카메라의 경우 많은 문제점을 갖는다. 이런 문제를 해결하고 빠르고 정확한 이동물체 검출을 위해 *Chamfer*<sup>3/4</sup> 거리[10]를 이용한 Hausdorff에 기반한 에지 세그먼트 정합 방법을 제안한다. 이 방법은 배경 파노라마와 현재 입력 영상간의 세그먼트간의 거리 차로 인한 에지 위치 차이가 최소화된 대응 세그먼트를 찾아낼 수 있다. 세그먼트 단위 정합을 통한 배경에지를 제거하여 이동 물체를 검출하기 위해서는 현재 입력 에지 세그먼트를 파노라마 참조 배경 에지 리스트에서 탐색하여 현재 입력에지로부터 제거하여 이동 에지를 얻는다. 먼저 현재 영상에서 에지를 추출하여 에지리스트에 저장한다. 파노라마 배경 영상에 대해서는 *Chamfer*<sup>3/4</sup> 근사기법을 사용한 거리 변환 알고리즘을 이용해 거리 변환된 배경 영상을 생성한다. 두 에지 세그먼트 사이의 거리를 측정하기 위해 정합할 두 영상에 대한 *Chamfer*<sup>3/4</sup>거리 변환은 <식 3>과 같다[10].

$$D^{(E)}(i, j) = \min_{e \in E} \| (i, j) - e \| \dots\dots\dots (식 3)$$

<식 3>의  $E$ 는 정합될 이미지의 에지 맵이며, 현재 영상의 에지 픽셀로부터 가장 가까운 에지 픽셀까지의 거리를 포함하는 거리 변환된 파노라마 배경 영상  $D$ 를 생성한다.  $D$ 는 모든 에지 픽셀들은 0값으로 초기화하고 나머지는 매우 큰 값으로

설정한다. 다음, <식 3>을 파노라마 배경 영상에 적용하여 생성한 거리 변환된 영상이다. 정합 measure를 위한 에지 거리 평가는 <식 4>와 같은 Hausdorff 거리라고 하는 정규화 평균 제공근(NR)을 사용한다.

$$NR = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D(v_i))^2} \dots\dots\dots (식 4)$$

<식 4>에서  $n$ 은 샘플 에지 세그먼트의 에지 점들의 수이고  $D(v_i)$ 는  $i$  번째 에지 점  $v_i$ 에서의 거리 값이다. 만약 정확한 정합이 이뤄지면 거리 값은 0이 된다. 정합을 수행하는 과정에서 불일치 문턱치 값은 정합에서의 융통성을 제공하며 그 값은 배경 모델링 과정에서 생성된 통계정보로부터 자동으로 결정된다. 이동 물체 검출을 위한 에지 세그먼트 기반 정합 알고리즘의 과정은 다음과 같다. 먼저, 파노라마 배경 에지 리스트로부터 거리 변환 영상을 생성한다. 이어서 파노라마 영상에 대한 현재 입력 영상의 등록을 수행한 다음, 현재 영상의 배경 에지 리스트를 생성한다. 현재 영상의 배경 에지 리스트에서 정합에 사용할 에지 세그먼트를 선정한 다음, 탐색 윈도우 안에서 거리 값의 최소 RMS(Root Mean Square)을 갖는 최적의 정합을 찾기 위해 회전과 이동 변환을 적용한다. 만약 세그먼트에 대한 최소 RMS 값이 미리 설정된 임계치 보다 작으면 에지는 배경 에지로 고려되어 현재 에지 리스트에서 제거된다. 그렇지 않은 경우에는 이동에지로 판단하여 초기 이동에지로 등록한다. 위와 같은 과정을 모든 에지 세그먼트에 대해 반복한다.

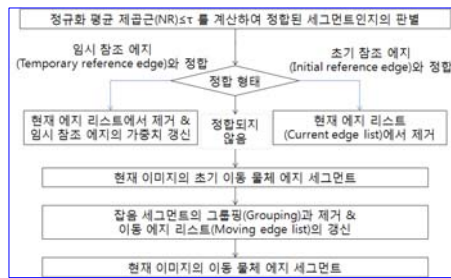


그림 5. 이동물체 검출 알고리즘  
Fig 5. Moving Object Detection Algorithm

<그림 5>에서 현재 입력 영상 에지 세그먼트의 각 에지 점은  $D$ 에서 탐색하여 <식 4>의 NR을 계산하여 같은지를 검사한다. NR이 0이면 동일한 정합이며 참조 리스트에 유사한 에지 세그먼트가 존재하면 NR은 낮다. 유연한 정합을 위해 임계



치  $\tau$ 를 사용하고 만약  $NR \leq \tau$  이면 정합이 발생된다. 이동 에지 리스트로 새로 등록된 에지 세그먼트는 현재 프레임의 이동 물체를 나타낸다. 만약  $\tau$  값이 크면 이동 에지를 배경 에지로 잘못 정합되도록 할 수도 있는 반면 매우 낮은 값은 두 유사한 에지 세그먼트 사이에 불일치를 만들 수도 있다. 따라서 이동 에지로서 어떤 배경 에지를 잘못 검출 할 수도 있기 때문에 추출된 초기 이동에지 세그먼트들은 거리 간 정보를 분석하여 그룹을 형성하도록 한다. 이런 과정은 이동 에지로 잘못 검출된 산재된 에지 세그먼트들이 만약 존재한다면 성공적으로 제거된다. 한편 이미 이동 에지 리스트로 등록된 에지 세그먼트는 연관된 가중치 값을 증가시켜 갱신한다. 참조에지 세그먼트 중 현재 영상에서 대응되는 세그먼트를 찾지 못했을 때는 신뢰도를 감소시켜 배경에서 사라진 물체에 대해서 고려한다.

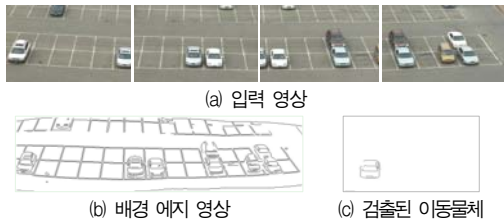


그림 6. 파노라마 배경 영상에 대한 이동물체 검출  
Fig 6. Moving Object Detection of Panorama Background Image

제안된 방법에서는 정합 동안 영상의 모든 픽셀들이나 거리 벡터를 참고 할 필요가 없고 단지  $D$ 에 있는 대응 에지 점들의 거리 값을 누적하면 된다. <그림 6>은 파노라마 배경 영상에서의 제안된 방법으로 검출된 이동물체 결과이다. (a)는 입력 영상, (b)는 배경 에지 영상, (c)는 검출된 이동물체를 나타낸다. 제안한 방법은 윤곽선을 정합할 때 가장 가까이 있는 대상물체와의 거리를 제공함으로써 대상 윤곽선에 차이가 나서 겹치는 부분이 작아지는 문제를 극복할 수 있다. 또한 비교 대상이 되는 모든 화소를 사용하는 대신에 가장 확실한 일부의 화소들을 사용한다. 따라서 부분적인 에지 정보를 효율적으로 활용할 수 있고 약간의 회전과 형태 변화를 극복할 수 있다. 아울러 거리 변환된 배경 영상에 대한 정합된 해당 윈도우 영역에만 유연한 Hausdorff 거리 기반 에지 세그먼트 정합 알고리즘을 이용하여 영상간의 대응되는 에지 세그먼트들을 판별하여 현재 영상에서 이동물체를 찾지 못했기 때문에 정확하고 계산 속도도 향상된다.

### 3.3.2 배경 에지 갱신

조명변화가 심하고 배경이 수시로 변화하는 환경에 능동적으로 적응하며 정확한 이동물체를 검출하기 위해서는 정확하고 신속한 배경 영상 갱신이 필요하다. 그러기 위해서는 이동 에지와 참조에지 등의 에지 세그먼트들에 가중치를 부여하여 이동에지가 오랜 시간 동안 배경에 머무르면 배경에지로 등록하는 등의 유연한 에지 세그먼트 관리가 요구된다. 제안된 방법에서는 초기 참조 에지 리스트는 누적된 배경 에지 정보를 저장한다. 또한 임시 참조 에지 리스트는 동적 배경에서 일시적인 변화를 저장하고 이동 에지 리스트는 이동에지 정보를 저장한다. 이와 같은 참조에지 리스트 갱신은 동적 환경에서 이동 물체를 검출하는데 매우 중요하다.

초기 참조에지 리스트의 각 세그먼트들은 에지 경사 크기를 8 레벨로 양자화 하여 가중치로 사용함으로 비교적 높은 가중치를 갖는다. 임시 참조 에지가 현재 프레임에서 발견되지 않으면 에지의 가중치는 감소되고 만약 가중치가 0이 되면 리스트에서 제거된다. 가중치는 이전 프레임에서 존재 했을 경우 증가하고 그렇지 않을 경우 감소한다. 이동 에지 리스트는 현재 프레임에서 검출된 이동 에지로 구성된다. 이동 에지가 같은 위치의 다음 프레임에서 발견되면 그 세그먼트의 가중치는 증가되고, 그렇지 않으면 가중치는 감소하여 0이 되면 이동에지 리스트로부터 제거된다. 또한 이동에지 리스트의 어떤 에지 세그먼트 가중치가 이동에지 리스트 가중치와 연관된 임계치를 초과하면 임시 참조에지 리스트로 이동된다. 입력영상 에지 세그먼트가 참조 에지에 존재하고 참조 세그먼트의 가중치가 지정 값보다 큰 배경 에지(임시 참조에지)이면 현재 에지 세그먼트에서 삭제하고 참조 세그먼트의 가중치를 증가시킨다. 가중치가 지정된 값보다 작은 참조 세그먼트의 경우는 가중치만 증가시킨다.

이동물체 검출을 위한 정합 과정에서 정합되지 않은 에지 세그먼트는 이동 에지 리스트로 등록된다. 또한 오랜 시간동안 고정된 위치에 머무르는 이동 에지 세그먼트는 임시 참조로 고려된다. 이러한 가중치는 각각의 에지 세그먼트가 배경 에지일 가능성을 나타낸다. 이와 같이 배경에지를 세그먼트 단위로 정합하면서 정합된 세그먼트의 가중치가 상한 값이 아니면 가중치를 증가시키고 정합되지 않은 세그먼트의 가중치는 일정 값 감소시킨다. 제안한 방법은 카메라 회전에 의한 왜곡 문제를 극복하고 정확한 이동물체를 검출하기 위한 가중치를 이용한 신속한 에지 세그먼트 기반 배경 영상 갱신이 가능하다.

#### IV. 실험 결과 및 분석

파노라마 배경 영상에서의 이동물체 검출은 카메라의 회전과 대상물체의 움직임에 의한 왜곡으로 크기와 위치 변화, 이동 에지 픽셀의 누락 등의 문제를 갖고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 파노라마 배경 영상에 대한 현재 입력 영상의 위치를 에지 특징 기반 정합에 의해 찾고 정합된 해당 윈도우 영역에만 이동물체 검출 알고리즘을 적용하여 영상간의 대응되는 에지 세그먼트들을 판별하여 현재 영상에서 이동물체를 찾았다. 실험은 조명변화가 심한 실내 환경, 조명 반사에 의한 왜곡이 있는 환경에서 이동물체 검출을 수행하였다. 시스템 구현과 분석은 객체지향 영상처리 알고리즘 개발 도구인 "MTES"를 이용하여 이루어졌다. 평가는 실내와 실외 환경에서 디지털 비디오 캠코더로 촬영한 640 X 520 크기의 영상 시퀀스를 사용하였다.

##### 4.1 조명 변화가 심한 환경에서의 이동물체 검출

조명변화가 심한 환경에 대한 제안된 방법의 적응력을 평가하기 위하여 조명을 제어할 수 있는 실내에서 촬영한 영상 자료를 사용하였다.



그림 7. 초기 파노라마 배경 에지 영상  
Fig 7. Initial Panorama Background Edge Image

<그림 7>의 (a)는 실험에 사용한 배경 영상이고 (b)는 이 영상들을 이용하여 작성한 파노라마 배경 영상이다. (c)는 제안된 방법에 의해서 생성된 파노라마 배경 에지 영상이다. 일반 영상에서 에지를 추출할 때도 많은 에지누락이 존재한다. 하지만 제안된 배경에지 생성 방법은 가중치를 이용한 배경에지 누적을 통해서 부분적인 에지 누락이 적으면서 중첩영역의 이음매가 부드러운 배경에지 세그먼트를 생성함을 보여주고 있다.

<그림 8>은 같은 실내 환경에서 카메라를 이동하면서 촬영한 영상에서 <그림 7>에 제시된 배경 파노라마 에지 영상을

이용하여 이동에지를 추출한 결과를 보여주고 있다.

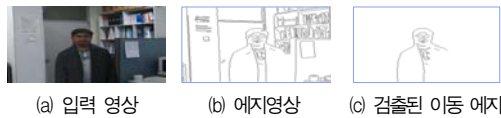


그림 8. 파노라마 배경 영상에 대한 이동물체 검출  
Fig 8. Moving Object Detection of Panorama Background Image

<그림 8>의 (a)는 입력 영상이고 (b)는 (a)의 에지 세그먼트 영상이며 (c)는 제안된 이동에지 세그먼트 검출 방법으로 검출된 이동 에지 세그먼트들을 보여주고 있다. 그림에서는 두드러지지 않지만 파노라마 배경 에지 영상과 입력된 영상의 에지 사이에는 상당한 차이가 있다. 이러한 차이는 템플릿 매칭과 같은 기존의 에지 정합방법으로는 극복하기 어렵다. 제안된 방법에서는 시점변화와 왜곡에도 변화가 적은 에지 특징 참고패턴을 이용하면서 작은 오류를 흡수할 수 있는 GHT를 기반으로 입력된 영상의 배경과 파노라마영상의 배경을 정합함으로써 현재영상의 배경영상을 생성할 수 있었다. 이렇게 생성된 배경 영상에도 파노라마 영상 특유의 왜곡이 존재함에도 그림 (c)에 제시된 것처럼 비교적 정확하게 이동물체상의 에지 세그먼트를 검출함을 볼 수 있다. 이것은 이러한 오류를 흡수할 수 있는 Hausdorff 거리 기반 에지세그먼트 정합의 결과로 판단된다. 그림 (c)의 결과에서 우측 어깨의 선이 누락됨을 볼 수 있는데 이것은 제안된 방법의 문제점을 보여주고 있다. 제안된 방법은 에지 세그먼트를 기반으로 하기 때문에 에지 검출 단계의 오류를 극복하기 어렵다. 입력 영상에서 볼 수 있는 것처럼 오른 어깨와 배경 사이에 밝기 차이가 거의 존재하지 않기 때문에 에지가 검출되지 않았다.

##### 4.2 조명 반사가 심한 환경에서의 이동물체 검출

조명 반사가 심한 경우의 제안된 이동에지 추출 방법을 실험하였다. 먼저, 인접한 입력 영상들에 대한 초기 파노라마 배경 에지 영상은 지하 주차장 영상들을 이용하여 생성하였다. 파노라마 배경 에지 영상의 에지 특징 참고 패턴을 생성한 다음, 누적 배열을 이용한 에지 특징 참고 패턴 기반 GHT 정합으로 두 영상간의 이동 운동 변위를 구한다. 현재 입력 영상은 앞서 구한 이동 운동 변위 값과 짜깁기에 의한 모양 변화를 고려하여 파노라마 배경 영상에 등록된다. 등록을 수행한 다음 변환된 현재 영상에 대한 배경 에지 세그먼트를 추출한다. 거리 변환 영상이 파노라마 배경 영상으로부터 생성된 다음, 현재 에지 리스트의 각 에지 세그먼트가 최적의

정합을 찾기 위해 주어진 탐색 윈도우 안에서 이동과 회전이 된다. 이때 Chamfer 거리와 Hausdorff 거리 알고리즘을 이용하여 이동물체를 검출하여 세그먼트 간의 거리차로 인한 차이를 줄였다. <그림 9>는 조명 반사가 심한 상황에서의 파노라마 배경 에지영상에 대한 제안된 이동물체 검출과정을 나타낸다. <그림 9>의 (a)는 입력영상, (b)파노라마 배경 영상, (c)는 (b)의 에지영상, (d)는 조명 반사가 심한 환경에서의 이동물체가 나타난 영상, (e)는 기존의 밝기값 차에 의한 이동물체 검출 영상, (f)는 제안한 방법으로 이동물체를 검출한 결과이다. (e)에서 조명반사가 심한 경우의 밝기 값 차에 의한 방법은 네 개의 모서리 부분의 검출 결과가 특히 좋지 않음을 확인 할 수 있었다. (g)의 아래쪽에 있는 대상물은 심한 조명반사로 인해 검출되었으나 이는 쉽게 제거가 가능하다. 에지 특징 참고 패턴을 이용한 GHT 기반 정합은 부분적인 에지정보의 활용이 가능하고 빠르게 현재 위치를 파악할 수 있었다.

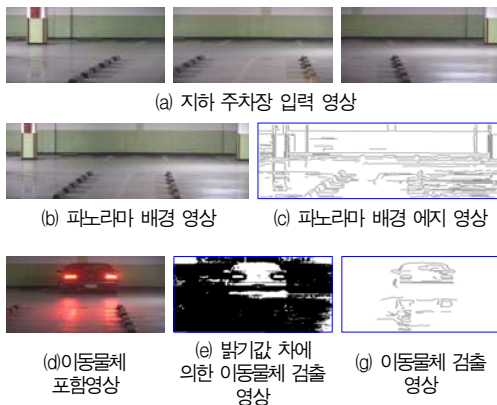


그림 9. 조명 반사가 심한 경우의 이동물체 검출  
Fig 9. Moving Object Detection of illumination reflection

실험을 통해 정합 수행 과정에 누적 배열의 셀을 이용함으로써 잡음에 의해 에지가 손실되어 정확한 이동물체 검출을 수행하지 못하는 기존 방법들의 문제를 해결할 수 있었다. 또한, 기존의 전역 템플릿 패턴 정합과 달리 임의 영상에 존재하는 모델이 알고 있는 모델의 형상과 약간의 차이를 지니고 있거나, 또는 잡음에 의해 대상 물체의 정보가 일부 유실된 경우일지라도 그 위치를 찾아낼 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다. 파노라마 배경 영상과 현재 영상 간의 에지 위치 차이를 극복하고 정확한 등록을 위한 에지 특징 참고 패턴 기반 GHT 정합과 이동물체 검출을 위한 Chamfer 거리를 이용한

Hausdorff 거리 기반 에지 세그먼트 이동 물체 검출 방안을 적용한 결과, 정확한 이동물체 검출이 가능함을 확인할 수 있었다.

## VI. 결론

본 논문에서는 조명 변화가 심하고 카메라나 대상물체의 흔들림이 존재하는 환경에 능동적으로 적응하며 이동물체를 검출할 수 있는 에지 기반 배경 정보 표현 및 이동물체 추출 방안을 제안하였다. 파노라마 배경 영상 생성은 영상의 중심부를 기준으로 실린더 사상을 수행하여 시점의 변화에 따른 영상 왜곡을 최소화시켰다. 이동물체 검출을 위해 파노라마 배경 영상에 대한 현재 입력 영상의 신속하고 정확한 정합 위치를 찾기 위해 에지 특징 참고 패턴 기반 GHT를 이용하였다. 정합 위치를 이용하여 영상 등록을 수행한 다음, 파노라마 배경 영상에서 입력영상에 해당되는 배경 영상을 찾아 현재 영상의 배경 에지 리스트를 생성한다. 배경에지 리스트에 있는 배경에지 세그먼트들을 Hausdorff 거리기반 알고리즘을 이용하여 현재 영상에서 찾아 제거함으로써 이동물체에 속하는 에지 세그먼트를 검출한다. 또한 일정시간 동안 움직이지 않는 배경정보는 수시로 변화될 수 있고 이러한 변화를 수용하기 위해서는 참조 배경에지를 갱신하였다.

향후 배경에지 세그먼트에 대한 정확한 세그먼트 위치를 구한다면, 해당 세그먼트에 대한 통계정보를 갱신해서 세그먼트 정합에 이용하여 입력영상과 배경영상 사이에 왜곡에 의한 차이가 매우 큰 경우의 문제를 해결해야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] Chris Stauffer, WEL Grimson, "Adaptive Background Mixture Models for Real Time Tracking", CVPR'99, vol.2, pp.2246, June 1999.
- [2] Christof Ridder, Olaf Munkelt, and Harald Kirchner, "Adaptive Background Estimation and Foreground Detection using Kalman Filtering", Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Mechatronics, ICRAM'95, UNESCO Chair on Mechatronics, pp.193-199, 1995.
- [3] E. Durucan and T. Ebrahimi, "Robust and Illumination Invariant Change Detection Based on Linear Dependence for Surveillance Applications", Proc. of X

- European Signal Processing Conference, Tampere (Finland), pp.1041-1044, 5-8 September 2000.
- [4] D. Gutchess, M. Trajkovics, E. C. Solal, D. Lyons, A.K. Jain, "A background model initialization algorithm for video surveillance", Proc. IEEE Int'l Conference on Computer Vision, Canada, vol.1, pp.733-740, July 2001.
- [5] J. H. Duncan and T. C. Chou, "On the Detection of Motion and Computation of Optical Flow", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.14, no.3, pp.346-352, March 1992.
- [6] A. Makarov, J.M.Vesin, M.Kunt, "Intrusion Detection Using Extraction of Moving Edges", Computer Vision & Image Processing, Proceedings of the 12th IAPR International Conference, vol.1, pp.804-807, 1994.
- [7] M. J. Hossain, M. A. A. Dewan, O.S. Chae, "Moving Object Detection for Real Time Video Surveillance: An Edge Segment Based Approach", IEICE transaction on Communications, vol.E90-B, no.12, pp.3654-3664, December 2007.
- [8] G.L.Foresti, "A Real Time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environment", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol.8, issue.6, pp.697-704, Oct. 1998.
- [9] J. Davis, "Mosaics of scenes with moving objects", IEEE Computer Society Conference on CVPR'98, pp.354-360, 1998.
- [10] M. Julius Hossain, "An Edge Segment based Moving Object Detection for Automated Video Surveillance", PhD Dissertation, Department of Computer Engineering, Kyung Hee Univ., Feb. 2008.
- [11] M. Irani, P. Anandan and S. Hsu. "Mosaic based representations of video sequences and their applications", Proceedings ICCV, pp. 605-611, 1995.
- [12] J.Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on PAMI, 8-6, pp.679-698, 1986.
- [13] J. Hoshino, "Merging moving objects onto a panoramic background image", Int.J. Mach. Graphics Vision, vol.9, no.3, pp.551-560, July 2000.
- [14] Anurag Mittal, Dan Huttenlocher, "Scene Modeling for Wide Area Surveillance and Image Synthesis", cvpr, p. 2160, 2000 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'00), vol. 2, 2000.
- [15] Yonghak Ahn, Giok Ahn, Oksam Chae, "Detection of Moving Objects Edges to Implement Home Security System in a Wireless Environment", Computational Science and Its Applications, ICCSA 2004, International Conference Part.I, LNCS, pp.1044-1051, 2004.
- [16] kyungHo Jang, SoonKi Jung and Minho Lee, "Constructing Cylindrical Panoramic Image using Equidistant matching", Electronics Letters 30th, vol.35, No.20, September 1999.

### 저자 소개



#### 이준형

1996년~현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
 1999년~현재 : 극동정보대학 전산공무원양성과 교수



#### 채옥삼

1982년 오클라호마 주립대학 전기 및 컴퓨터공학(공학석사)  
 1986년 오클라호마 주립대학 전기 및 컴퓨터공학(공학박사)  
 1986년~1988년 Texas Instrument Image Processing Lab 선임 연구원  
 1988년~현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : 멀티미디어데이터처리, 그래픽 데이터처리, 영상처리, Signal Processing 등