

## 이동카메라에서 이동물체 감지를 위한 배경에지 생성에 관한 연구

이준형\*, 채옥삼\*\*

### A Study of Background Edge Generation for Moving Object Detection under Moving Camera

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

#### 요약

본 논문에서는 이동 카메라를 이용하여 얻은 영상에서 이동 물체 자동 검출 알고리즘을 위한 배경 에지 생성을 제시한다. 배경 영상은 삼각대 위에 고정시킨 카메라를 수평방향으로 회전하여 얻은 영상을 정렬시켜 재구성하여 만든다. 입력영상과 배경영상간의 에지 매칭 방법과 함께 강건한 파노라믹 배경 에지 생성을 위한 효율적인 방법을 제시한다. 제안한 알고리즘은 실제 영상 열에 적용하였다. 제안된 방법은 비디오 감시는 물론 침입자 검출과 같은 여러 감시 시스템에 성공적으로 이용될 수 있다.

#### Abstract

This paper presents an background edge generation based automatic algorithm for detection of moving objects under moving camera. Background image is generated by rotating the fixed the camera on the tripod horizontally, aligning and reorganizing this images. We develop an efficient approach for robust panoramic background edge generation as well as method of edge matching between input image and background image. We applied the proposed algorithm to real image sequences. The proposed method can be successfully realized in various monitoring systems like intrusion detection as well as video surveillance.

▶ Keyword : 배경 에지(Background Edge), 이동 카메라(Moving Camera), 에지 매칭(Edge Matching)

---

• 제1저자 : 이준형  
• 접수일 : 2006.11.03, 심사일 : 2006.11.25, 심사완료일 : 2006. 12.20  
\* 극동정보대학 컴퓨터 정보과 교수 \*\* 경희대학교 컴퓨터 공학과 교수

## I. 서론

사회가 혼란해지고 영상센서가 일반화되면서 감시카메라를 이용한 주택이나 주차장등의 보안에 대한 관심은 증대하였다. 카메라를 이용한 침입자 감지는 이동물체를 검출하는 과정과 검출된 이동물체를 판별하는 과정으로 크게 분류할 수 있다. 본 논문에서는 주차장과 같은 실외 환경에서 고정된 카메라를 회전시켜 얻은 영상들로부터 침입자 감지를 위한 초기 과정에서 사용할 강건한 실린더 파노라믹 배경 영상을 생성한다.

이동 물체를 검출하는 방법에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으며, 그중에서 가장 널리 사용된 방법은 차 영상을 이용하는 방법이다[1]. 이 방법은 움직이지 않는 배경만을 포함하고 그 밝기가 현재 영상의 배경과 가장 유사한 상태로 유지되는 참조 영상과 현재영상의 밝기차이를 구한 차 영상(difference image)을 기반으로 한다. 차 영상 기반의 방법들은 이동물체 검출에 임계화 방법을 사용한다. 이러한 방법의 문제점은 임계치에 따라서 잡음이 이동물체로 검출될 수도 있고 이동물체가 검출되지 않는 경우도 있어 최적의 임계치 결정이 어렵다. 또 다른 문제는 최적의 참조영상을 유지하는 것이다[2][8].

참고영상을 이용하지 않는 방법으로 광류를 이용한 이동물체 추출 방법이 있지만, 계산 량이 많고 물체의 윤곽선을 탐지하기 위해 부분적으로 이동방향이 다른 물체를 분리하는 데는 어려움이 따른다[3]. 여러 형태의 환경 변화에 적응하기 위해 밝기 값의 차 대신에 참조 영상과 현재 영상의 에지 화소의 차를 이용하는 방법이 제안되었다[4][7][9]. 즉, 현재 영상의 에지 화소 중에서 참조 영상에서 배경 화소만을 남기고 나머지를 제거하여 이동물체의 에지화소를 검출한다. 하지만 이 방법은 화소단위로 수행되며 참조영상의 에지는 현재 영상의 배경에지를 포함할 수 있도록 충분히 두꺼워야 한다. 화소단위로 에지의 차를 구함으로써 발생하는 문제점을 해결하기위한 한 방법은 세그먼트 단위로 현재 영상에서 배경에지를 제거하는 것이다. 따라서, 이동물체 검출을 위해 필요한 에지 기반의 참조 배경 이미지를 생성해야 한다.

본 논문에서는 연속된 다중영상들을 이용하여 실린더 파노라마 영상을 만들고 새로 입력되는 영상에 대한 매칭 위치를 배경영상에서 찾아서 강건한 파노라믹 배경영상을 만드는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 실린더 파노라믹 영상을 생성하기 위한 방법을 설명하고, 3장에서는 파노라믹 배경에지 갱신을 위한 제안된 에지 매칭 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 실린더 파노라믹 영상 생성

파노라믹 배경 이미지는 입력 영상 열을 이용하여 생성한다. 파노라믹 이미지를 생성하기 위해 입력이미지들 간의 변환 식을 구한다음, 변환 식의 파라미터를 이용해 실린더에 투영한다. 파노라믹 배경 이미지를 지속적으로 갱신하기 위해서, 카메라의 수평이동에 의해 얻은 새로운 입력이미지들은 파노라믹 배경 이미지의 대응되는 매칭 위치를 찾는데 이용한다.

### 2.1 실린더 파노라믹 영상 생성 방법

영상을 정렬(alignment)할 때, 두 영상의 중심에서 같은 거리에 있는 영상 영역(image strip)을 이용하면, 물체의 크기와 형태는 같기 때문에 왜곡(warping)에 대한 문제를 고려할 필요가 없다[5]. 또한, 평면투영 모델이나 회전 모델과 같은 운동 모델을 이용하지 않아도 되며 이동 운동 요소만을 구하여 영상을 정합할 수 있다. 이동 운동 요소를 구하기 위한 식은 수식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} & Mm \\ & 0 \leq \Delta x \leq w/2 \\ & -\lambda \leq \Delta y \leq \lambda \end{aligned} \quad \cdot (\text{수식 } 1)$$

$$\sum_{s=-h/2}^{h/2} [I(m_x + \Delta_x, m_y + s) - I_{+1}(m_x - \Delta_x, m_y + \Delta_x + s)]^2$$

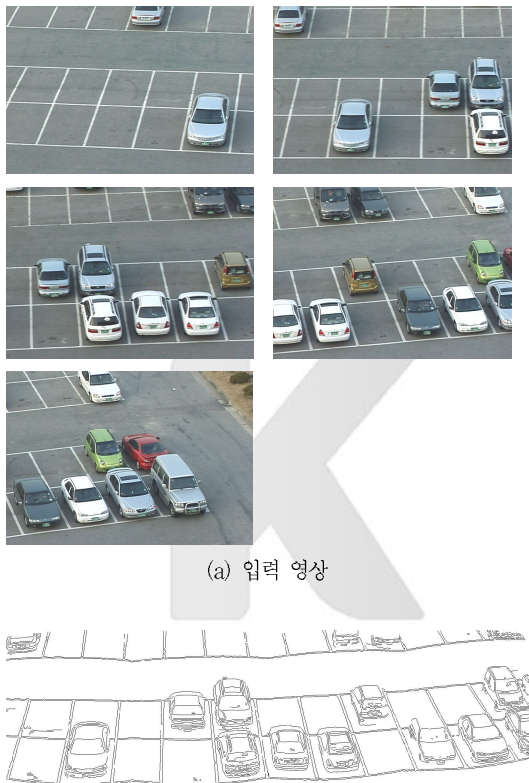
수식(1)에서  $m_x, m_y$ 는 영상의 중심점이며,  $(\Delta_x, \Delta_y)$ 는 영상 중심에서 수평과 수직방향으로의 이동거리,  $h, w$ 는 영상의 수평/수직 크기,  $s$ 는 비교될 영상 스트립 크기,  $\lambda$ 는 카메라의 회전시 수직 방향 움직임을 보상하기위한 검사 범위를 나타낸다. 두 영상에 대해 수식(1)을 적용한 결과 중에서 최소값을 가지는  $(\Delta_x, \Delta_y)$ 가 찾고자하는 하는 수평과 수직방향의 이동요소가 된다.

앞에서 구한 이동운동요소로부터 실린더 파노라믹 영상 생성시 필요한 효율적인 카메라 초점거리를 이분법을 이용하여 구할 수 있다[6].

카메라의 초점거리를 구한다면, 각 영상을 실린더에 투영한다. 실린더에 투영하기 위해 사용되는 와평 함수는 다음 수식(2)와 같다.

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

<그림 1>은 설명된 방법으로 생성한 실린더 파노라믹 영상이다.



(a) 입력 영상

(b) 생성된 실린더 파노라믹 영상

그림 1. 실린더 파노라믹 영상  
Fig 1. Cylinder Panoramic Image

### III. 배경 에지 갱신을 위한 에지 매칭

본 논문에서는 강건한 실린더 파노라믹 배경 에지 영상을 만들기 위해 새로 입력되는 영상에 대한 배경 에지 영상의 매칭 위치를 찾는다. 매칭 위치는 영상의 에지와 GHT

(Generalized Hough Transform)를 기반으로 하는 정합 방법을 이용하여 찾는다.

#### 3.1 특징 패턴 추출

특징 패턴은 곡률이 큰 부분을 선정한다. 먼저, 입력 영상에 대해 케니 에지 검출을 적용하여 에지를 추출한다. 추출된 에지의 각 화소와 이웃 화소가 이루는 벡터의 사잇각을 구하여 사잇각이 임계치 이상인 것을 코너점으로 선정한다. 추출한 코너점을 기준으로 일정 크기의 좌, 우 이웃 화소들을 특징 패턴으로 선정한다. 특징 패턴을 생성하는 자세한 과정은 다음과 같다.

과정 1. 에지 리스트의 한 화소  $p_i$ 를 시작으로  $p_i$ 의 좌, 우 일정 거리내의 이웃 에지 화소와  $p_i$ 로 이루어진 벡터들  $(u_i, v_i)$ 을 구하고  $(u_i, v_i)$ 의 평균벡터( $U, V$ )의 사잇각  $(\theta)$ 을 구한다. 에지  $p_i$ 에서 벡터  $(U, V)$ 와 사잇각  $(\theta)$ 를 구하는 공식은 아래와 같다.

$p_i$  = 에지 리스트의  $i$ 번째 에지 화소

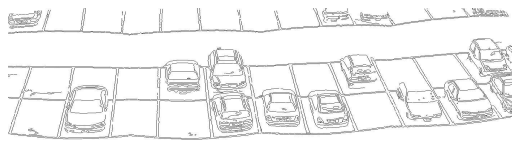
$$u_j = p_{i-j} - p_i$$

$$v_j = p_{i+j} - p_i \quad (1 \leq j \leq n, n \text{은 구간 크기})$$

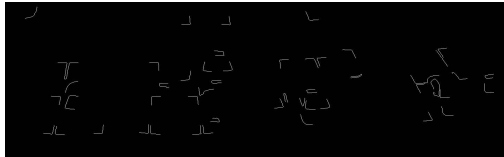
$$U = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_j, \quad V = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_j$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{U \cdot V}{\|U\| \|V\|}\right)$$

- 과정 2. 사잇각이 임계치 이상이면 후보 코너점으로 등록한다.
- 과정 3. 모든 에지 리스트의 화소에 대하여 과정 1-2를 수행한다.
- 과정 4. 후보 코너점들 중에서 일정 크기의 영역 내에서 최소인 것을 코너점으로 선정한다. 코너점은 특징 패턴의 중심이 되는 화소다.
- 과정 5. 각 코너점을 중심으로 일정 크기의 좌, 우에 있는 이웃 에지 화소들을 특징 패턴으로 선택한다.
- 과정 6. 추출한 특징 패턴의 코너점의 사잇각을 이용하여 우선순위를 부여한다. 사잇각이 작을수록 높은 우선순위를 갖게 된다. 입력 영상에 특징 패턴 생성 알고리즘을 적용한 결과는 <그림 2>와 같다.



(a) 입력 영상

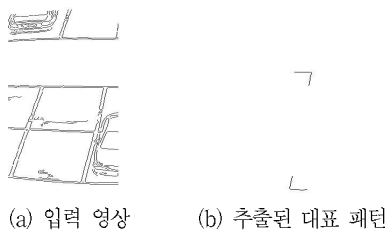


(b) 추출된 특징 패턴

그림 2. 특징 패턴 추출  
Fig 2. Feature Pattern Extraction

### 3.2 대표 패턴 추출

입력 영상에서 형태의 변화가 많을 경우 추출되는 특징 패턴 또한 많아지게 될 것이다. 그러나 최소의 패턴을 이용하여 빠르게 찾고자하는 에지의 위치 정보를 얻어야 하므로 추출된 패턴 중에서도 일부만을 이용한다. 작은 양의 계산으로 신뢰도가 높은 결과를 얻기 위하여 특징 패턴 중에서도 우선순위가 가장 높은 것을 선택한다. 그리고 이 패턴과 위치상으로 가장 멀리 떨어진 것을 선택하여 GHT 수행에 이용한다. 두 패턴의 거리가 멀어야 전체 영상에 대한 신뢰할 수 있는 매칭을 수행할 수 있다. 이때에 이용되는 특징 패턴들은 어느 한 영역에 집중되지 않고 대략적인 전체 형태 정보를 유지할 수 있도록 선정하는 것이 중요하다. 그러므로 전체 패턴을 여러 영역으로 나누어 영역별로 앞서 정한 우선순위가 가장 높은 특징 패턴을 선정하여 대표 패턴으로 정한다. 영역을 나누는 기준은 전체 패턴의 중심 포인트와 각 코너점으로 이루어진 벡터가 이루는 각의 크기 별로 영역을 나누어 전체 패턴의 정보를 가질 수 있도록 한다. <그림 3>은 대표 패턴을 추출한 예이다.

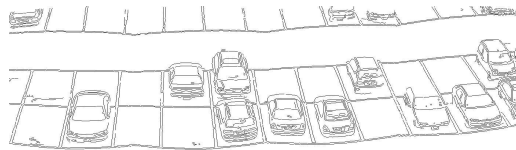


(a) 입력 영상 (b) 추출된 대표 패턴

그림 3. 대표 패턴 추출  
Fig 3. Representative Pattern Extraction

### 3.3 GHT를 이용한 에지 정합

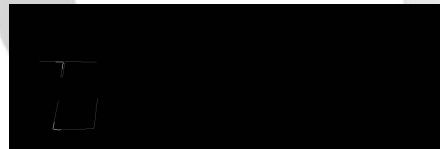
직선 형태에 대해 GHT를 적용하는 경우, 누적 셀(accumulator cell)에 작은 값들을 축적시키므로 연산량이 많고 비효율적이다. 이러한 GHT의 문제점을 개선하기 위하여 패턴에서 형태 구분 능력이 뛰어난 특징 패턴을 선정하여 에지 정합을 수행한다. 새로 입력되는 영상과 파노라믹 배경 에지 영상에 대해 GHT를 기반으로 하는 에지 정합 방법을 이용하여 매칭 위치를 찾는다. <그림 4>는 에지 매칭의 결과를 보여준다.



(a) 파노라믹 배경 에지 영상



(b) 입력 영상



(c) 에지 정합의 결과

그림 4. 에지 매칭  
Fig 4. Edge Matching

<그림 4>의 (a)는 파노라믹 배경 에지 영상이고, (b)는 에지 정합을 위한 새로 입력된 영상이다. (c)는 (a)와 (b)에 대한 GHT 에지 정합의 결과이다.

## IV. 실험 결과

제안한 방법의 효율성을 검증하기 위해 주차장 영상을 입력 영상으로 택하였다. 이러한 영상은 실외 환경에서 다양

한 변화를 제공하며 배경 에지 생성 과정을 잘 보여 줄 수 있다. 실험을 위한 환경은 영상처리 알고리즘 개발 도구인 "MTES"의 내부 함수로 알고리즘을 개발하였다. 에지 추출 알고리즘으로 Canny 방법을 사용하였다. 배경 에지 정합을 위해서 여러 후보중 대표 패턴을 이용하여 후보를 빠르게 선정하고 선정된 후보들 중 신뢰도가 높은 에지를 선정하여 강건한 에지 매칭을 수행하였다. 이러한 배경 에지 정합 방법은 작은 형태 정보의 차이도 감지할 수 있고 부분적인 입력 패턴으로도 효과적으로 수행될 수 있음을 확인할 수 있다. 전체적인 평균 처리 시간은 초당 6.93프레임으로 실시간 시스템으로 운용 가능하다. <그림 5>는 배경 에지 매칭의 결과이다.



그림 5. 파노라믹 배경 에지 정합  
Fig 5. Panoramic Background Edge Matching

## VI. 결론

본 연구에서는 이동 카메라를 이용하여 얻은 영상에서 이동 물체 자동 검출 알고리즘을 위한 배경 에지 생성을 제시한다. 수평방향으로만 회전하여 얻은 영상들을 실린더에 투영하여 실린더 파노라믹 영상을 만든다. 주위 환경변화에 강건한 파노라믹 배경 영상을 만들기 위해 앞서 작성한 실린더 파노라믹 영상과 새로 입력되는 영상간의 매칭 위치를 GHT를 이용하여 정확하게 찾았다.

제안한 알고리즘은 실제 영상 열에 적용하였으며, 성공적으로 배경 영상을 만들 수 있었다. 향후 다양한 환경변화에서 오랫동안 관찰하여 누적된 에지 맵을 생성하고 이를 바탕으로 정확하고 자세한 참조 배경 에지를 구현한다면, 침입자 검출과 같은 여러 감시 시스템에 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] Paul L. Rosin, "Thresholding for Change Detection," Brunel University, technical report ISTR, 1997.
- [2] OkSam Chae and SeungHoon Kang, "Intruder Detection in Difference Image Using the Region Growing Based on Shape Features," CISST'2001 Vol I, pp. 449-459, July, 2001
- [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] 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.
- [5] Davis, J. "Mosaics of scenes with moving objects", IEEE Computer Society Conference on CVPR'98, pp.354-360, 1998.
- [6] kyungHo Jang, SoonKi Jung and Minho Lee, "Constructing Cylindrical Panoramic Image using Equidistant matching", Electronics Letters 30th, vol.35, No.20, September, 1999
- [7] 이강호, 안용학, 김학춘, "디지털 영상 처리를 위한 에지 클래스의 설계", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제9권 제2호, pp. 49-55, 2004
- [8] 강현중, 이광형, "이동 객체 감시를 위한 실시간 객체추출 및 추적시스템, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제10 권 제2호, pp. 59-68, 2005
- [9] 이강호, 안용학, "다중 해상도 에지 정합을 이용한 임의물체 검색 시스템의 설계 및 구현, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제9권 제3호, pp. 95-102, 2004

## 저 자 소개



### 이 준 형

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



### 채 옥 삼

e-mail : oschae@khu.ac.kr  
1982년 오클라호마 주립대학 전기 및 컴  
퓨터공학(공학석사)  
1986년 오클라호마 주립대학 전기 및 컴  
퓨터공학(공학박사)  
1986년~1988년 Texas Instrument  
Image Processing Lab. 선임연  
구원  
1988년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과  
교수  
관심분야 : 멀티미디어데이터처리, 그래  
픽데이터처리, 영상처리, Signal  
Processing 등

K C I