

이동카메라에서 이동물체 검출을 위한 참조 영상 생성에 관한 연구

이 준 형*, 채 옥 삼**

A Study of Reference Image Generation for Moving Object Detection under Moving Camera

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

요 약

본 논문에서는 이동 카메라에서 조명 변화에도 강건한 이동 물체 자동 검출을 위한 파노라믹 참조 이미지를 생성하는 방법을 제시한다. 배경 영상은 삼각대 위에 고정시킨 카메라를 수평방향으로 회전하여 얻은 영상을 정렬시켜 재구성하여 만든다. 실린더 파노라믹 영상의 생성에 있어서, 기존의 방법들은 정적인 환경을 가정하고 있다. 본 논문에서는 동적인 환경들로부터 파노라믹 참조 이미지를 생성하는 방법을 제안한다. 입력영상과 배경영상간의 에지 매칭 방법과 누적 에지 맵을 사용하여 파노라믹 참조 이미지 생성을 위한 효율적인 방법을 제시한다. 제안한 알고리즘을 실제 영상 열에 적용하여 보았다. 실험결과 제안한 방법을 사용하여 조명 변화에도 강건한 파노라믹 참조 이미지 생성이 가능함이 입증되었다.

Abstract

This paper presents a panoramic reference image generation based automatic algorithm for moving objects detection robust to illumination variations under moving camera. Background image is generated by rotating the fixed the camera on the tripod horizontally, aligning and reorganizing this images. In generation of the cylindrical panoramic image, most of previous works assume the static environment. We propose the method to generating the panoramic reference image from dynamic environments in this paper. We develop an efficient approach for panoramic reference image generation by using accumulated edge map as well as method of edge matching between input image and background image. We applied the proposed algorithm to real image sequences. The experimental results show that panoramic reference image generation robust to illumination variations can be possible using the proposed method.

▶ Keyword : 이동 물체(Moving Objects), 실린더 파노라믹 이미지(Cylindrical Panoramic Image)

• 제1저자 : 이준형, • 교신저자 : 채옥삼
• 접수일 : 2007.6.19, 심사일 : 2007.7.5, 심사완료일 : 2007. 7.20.
*극동정보대학 컴퓨터 정보과 교수 **경희대학교 컴퓨터 공학과 교수

I. 서론

본 논문에서는 이동 카메라를 이용한 넓은 영역에 대한 이동 물체를 감지할 수 있는 파노라믹(panoramic) 참조 이미지를 생성하는 방법을 제안한다. 최근에 여러 이미지들을 이용해 광역 이미지나 파노라믹 이미지를 생성하는 많은 연구가 진행되어 왔다[1][2][3][4]. 그러나 그런 연구들은 대부분 영상에 이동 물체가 없는 정적 환경을 가정하고 있다. 또한 이동 물체 감지와 검출에 관한 많은 연구가 있었다[5][6][7][8][9]. 그러나 대부분의 논문들이 일반적으로 이동 카메라를 사용하지 않은 환경을 가정하였다. 그러한 방법들과는 다르게 본 논문에서는 이동 카메라를 이용하여 넓은 영역에 대한 이동 물체 감지와 검출을 위한 참조 이미지를 생성하는 방법을 다룬다.

많은 방법들이 배경 모델링을 위해 사용되어왔다. 이런 방법들의 대부분은 고정된 카메라만을 다루지만, 이동 카메라를 통해 구한 이미지에 대한 좋은 출발점이 될 수 있다. 간단한 방법들로서는 특정 위치에 있는 픽셀 값들의 평균을 구하는 방법, 한 위치에 있는 모든 값들의 중간 값을 구하는 방법, 외곽점(outlier)의 영향을 줄이기 위해 공간적 가중치 값을 계산하는 방법 등이 있다. Ridder et. al.[6]은 칼만 필터 기반 배경 모델을 사용한다. 각 픽셀은 칼만 필터를 사용하여 모델 되며 배경의 일부로 가설되었는지에 따라 각 프레임에서 별도로 갱신된다. 그러나 이런 접근은 가변 배경이나 다중 모드(multi-modal) 배경에 적합하지 않다. 또한 파노라믹 이미지를 만들기 위한 이미지 모자이크(mosaicing) 기법에 관한 많은 연구가 있어왔다[3][4][7][10][11][12]. 이 문제에 대한 많은 방법들은 심각한 운동 시차(motion parallax)가 없다고 가정하였으며, 이것은 카메라의 중심축을 기준으로 회전시켜야 한다. 본 논문에서는 운동시차가 없다는 가정을 따른다. 일반적으로 이미지 모자이크 기법은 정적 장면을 가정하는데, 이동 물체가 존재하면 두 가지 면에서 문제가 발생한다. 첫째, 이동 물체는 이미지들이 정렬(align)되는데 부정확한 정보를 제공함으로써 이미지 레지스트레이션을 실패하게 할 수 있다. 결과적으로 좋지 않은 파노라믹 이미지를 생성하게 된다. 파노라마를 구성하는데 있어서 이동 물체가 존재하는 경우의 두 번째 문제점은 이동 물체의 일부를 포함할 수도 있다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 파노라믹 이미지를 생성하기 위한 이미지 모자이크 기법과 광역 감지의 기초가 되는

배경 영상 생성 기법을 결합하고자한다. 제안한 방법은 군사시설이나 무인주택, 주차장과 같은 동적 야외 환경에서 이동 물체를 식별하는데 사용될 수 있는 광역 참조 영상을 생성한다.

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

II. 파노라마 영상 생성

컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전등의 분야에서 파노라마 이미지의 생성에 관한 많은 연구가 있어왔다. 파노라마 이미지는 시야를 확대하고 이미지 해상도를 향상시킬 수 있는 장점을 갖는다. 긴 이미지 시퀀스나 파노라믹 뷰의 이미지들을 이용해 큰 파노라믹 배경 이미지를 만들기 위해서는 실린더 매핑과 같은 변환 모델이 필요하다.

2.1 실린더 파노라마 영상 생성 방법

실린더 파노라마는 구형 파노라마에 비해 비교적 구성이 간단하기 때문에 일반적으로 많이 사용된다. 실린더 파노라마를 만들기 위해, 일련의 이미지들을 삼각대에 설치한 카메라의 회전을 통해 구한다. 이러한 방법은 카메라 설치와 조작이 카메라를 이동시키며 영상을 획득하는 방법에 비해 간편하지만, y축 이외의 다른 방향으로 카메라 회전이 생기는 경우, 이 방법에 의해 얻은 영상들의 중첩 영역의 실제 크기는 다를 수도 있다. 한편, 시야(FOV)나 카메라 초점거리를 알 수 있다면, 각 투시(perspective) 이미지는 실린더 좌표로 워핑(warping)될 수 있다. 실린더 파노라마를 만들기 위해, 영상 좌표 $p(x, y)$ 는 수식(1)을 사용하여 2D 실린더 화면 좌표 (θ, ρ) 로 실린더 투영(projection)시킨다[13]. 단, θ 는 수평 방향 회전각이고 f 와 ρ 는 각각 초점거리와 스캔 라인이다.

$$\theta = \tan^{-1}(x/f), \rho = y/\sqrt{x^2 + f^2} \dots\dots\dots \text{(수식 1)}$$

각 입력 이미지가 워핑 되었으면 파노라믹 모자이크 이미지를 구성하는 것은 순수 이동 변환 문제가 된다. 이상적으로, 수평 방향 이동 이미지 시퀀스로부터 실린더 파노라마를 만들기 위해서는 수평 회전각만을 구하면 된다. 작은 수직

방향 이동 운동 요소가 수직 방향 움직임을 보상하는데 필요하다. 수평 방향 이동 운동 요소 t_x 와 수직 방향 이동 운동 요소 t_y 가 각 입력 이미지에 대해 예측된다. 이동 운동 요소를 구하기 위해, 두 이미지간의 밝기 값 차를 최소화시켜서 수식(2)와 같이 $\delta t = (\delta t_x, \delta t_y)$ 를 예측한다. 단, $X_i = (x_i, y_i) X'_i = (x'_i, y'_i) = (x_i + t_x, y_i + t_y)$ 는 두 이미지의 대응점들이고, $t = (t_x, t_y)$ 는 모든 픽셀들에 대해 동일한 전역 이동 운동 필드이다.

$$E(\delta t) = \sum_i [I_1(X'_i + \delta t) - I_0(X_i)]^2 \dots\dots\dots (수식 2)$$

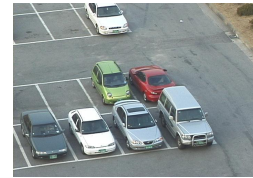
일차테일러급수를 계산한 다음, 위 식은 수식(3)과 같이 된다. 단, $e_i = I_1(X'_i) - I_0(X_i)$ 는 현재 밝기 값 차이이고, $g_i^T = \nabla I_1(X'_i)$ 는 X'_i 에 있는 I_1 이 이미지 경사 (gradient)값 이다.

$$E(\delta t) \approx \sum_i [g_i^T \delta t + e_i]^2 \dots\dots\dots (수식 3)$$

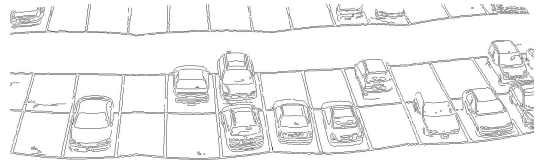
이 최소화 문제는 수식(4)와 같은 최소 자승 해를 갖는다.

$$\left(\sum_i g_i g_i^T \right) \delta t = - \left(\sum_i e_i g_i \right) \dots\dots\dots (수식 4)$$

〈그림 1〉은 이와 같은 이동 정렬(translational alignment) 기법을 사용하여 만들어진 실린더 파노라마 모자이크 이미지를 보여준다.



(a) 입력 영상



(b) 생성된 실린더 파노라믹 영상

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

III. 에지 정합을 통한 참조 영상 갱신

본 논문에서는 이동카메라 환경에서 이동물체 검출을 위한 참조 영상을 갱신하기 위해 새로 입력되는 영상에 대한 배경 에지 영상의 정합을 수행한다. 배경 영상에 대한 특징 패턴을 추출하고 입력 영상에서 대표 패턴을 추출한 다음, GHT (Generalized Hough Transform)를 기반으로 하는 정합 방법을 이용하여 매칭 위치를 찾는다[14][15]. 매칭 위치에 대응하는 배경 에지 영상과 입력 에지 영상에 대한 누적 에지 맵을 이용해 참조 영상을 생성한다.

3.1 배경에지에 대한 특징 패턴 추출

GHT를 수행할 때, 직선 부분은 누적 셀(Accumulator Cell)을 이용하면 작은 값들이 축적되어 비효율적이고 연산량을 증가시킨다. 이러한 GHT의 비효율성을 해결하기 위해 패턴에서 형태 구분 능력이 좋은 부분 에지를 특징 패턴으로 선정하여 에지 매칭을 한다. 먼저, 입력 영상에 대해 케니 에지 검출을 적용하여 에지를 추출한다. 특징 패턴을 생성하는 자세한 과정은 다음과 같다.

- 1) 에지 리스트에 있는 한 화소 p_i 의 좌, 우 일정 거리 내의 이웃 에지 화소와 p_i 로 이루어진 벡터들 (u_i, v_i) 를 구한다음, (u_i, v_i) 의 평균벡터 (U, V) 의 사잇각 (θ) 을 구한다. 에지 p_i 에서 벡터 (U, V) 와 사잇각 (θ) 를 구하는 공식은 아래와 같다.

p_i = 에지 리스트의 i 번째 화소

$u_j = p_{i-j} - p_i$ ($1 \leq j \leq n$, n 은 구간 크기)

$v_j = p_{i+j} - p_i$

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

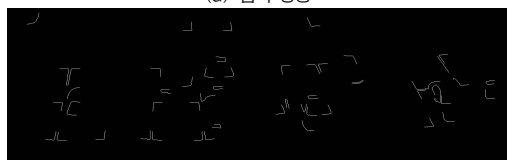
$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{U \cdot V}{\|U\| \|V\|} \right)$$

- 2) 평균벡터(U, V)의 사이각이 임계치 이상이면 후보 코너점으로 등록한다.
- 3) 모든 에지 리스트의 화소에 대하여 1)-2)를 수행한다.
- 4) 후보 코너점들 중에서 일정 크기의 영역 내에서 최소인 것을 코너점으로 선정한다. 코너점은 특징 패턴의 중심이 되는 화소다.
- 5) 각 코너점을 중심으로 일정 크기의 좌, 우에 있는 이웃에지 화소들을 특징 패턴으로 선택한다.
- 6) 추출한 특징 패턴의 코너점의 사이각을 이용하여 우선순위를 부여한다. 사이각이 작을수록 높은 우선순위를 갖게 된다.

앞의 과정을 통해 선정된 특징 패턴은 곡률이 큰 부분이 선택된다. 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 입력영상에 대한 대표 패턴 추출

GHT는 패턴의 크기, 회전 변화가 있거나 부분 패턴만

존재할 경우에도 검출이 가능하고 작은 형태 구분도 가능한 장점이 있다. 그러나 크기, 회전 변화를 모두 고려하여 수행되기 때문에 계산량이 많다는 문제점을 갖는다. 따라서 이러한 문제를 해결하고 GHT의 패턴 구별력을 최대한 활용하기 위해 패턴에서 형태 변화가 많은 부분 에지를 선별하여 사용한다. 입력 영상에서 형태의 변화가 많은 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 멀리 떨어진 것을 선택하여 GHT 수행에 이용한다. 두 패턴의 거리가 멀어야 전체 영상에 대한 신뢰 할 수 있는 매칭을 수행할 수 있다. 이때에 이용되는 특징 패턴들은 어느 한 영역에 집중되지 않고 대략적인 전체 형태 정보를 유지 할 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

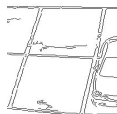
그림 3. 대표 패턴 추출
Fig 3. Representative Pattern Extraction

3.3 GHT를 이용한 에지 정합

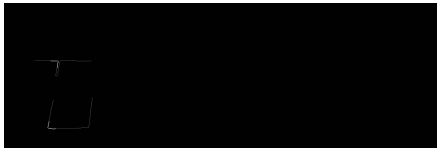
에지 정합에 사용할 패턴 에지는 GHT의 임의의 형태 패턴 표현 방법인 참조 테이블을 이용하여 표현한다. 또한 GHT 수행시 누적셀을 이용하여 잡음에 민감한 기존 방법들의 문제를 해결하고자한다. 앞 절에서 설명한 방법에 의해 대표 패턴을 구한 다음 새로 입력되는 영상에 대한 모자이크 에지 영상과 파노라믹 배경 에지 영상에 대해 GHT를 기반으로 하는 에지 정합 방법을 이용하여 매칭 위치를 찾는다. <그림 4>는 에지 매칭의 결과를 보여준다.



(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. 〈그림 5〉는 배경 에지 매칭의 결과이다.

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

3.4 참조 영상의 생성

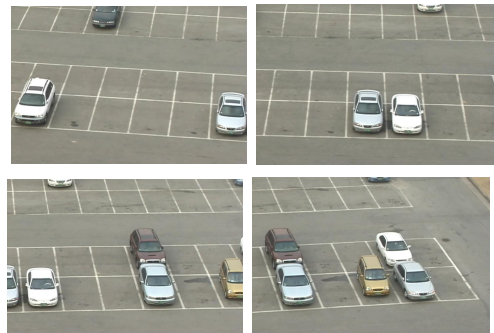
차 영상을 기반으로 하는 이동물체 검출 방법의 문제점은 조명 변화에 효율적으로 적응할 수 있는 참조 영상의 생성이 어렵다는 것이다. 하지만 조명이 변화하여도 배경의 구조적인 정보는 변화하지 않는다. 에지 검출 알고리즘은 조명 변화에도 비교적 안정적으로 물체의 경계를 추출한다. 따라서 가능한 모든 동작환경에서 나타날 수 있는 모든 배경의 에지들을 추출하여 구조적으로 표현한 초기 참조에지를 만든다. 참조에지는 세그먼트 단위로 저장되며 각 세그먼트의

특성정보도 함께 등록한다. 먼저, 새로 입력되는 영상에 에지 연산자를 적용하여 경사 크기(gradient magnitude)를 구한다. 경사크기를 최대값이 7이 되도록 양자화를 수행하여 배경이나 약한 에지를 제거한다. 앞서 설명한 모자이크 알고리즘을 통해 실린더 투영을 수행한다. 같은 방법으로 모든 학습 영상에 대해 실린더 투영을 수행하여 초기 배경에지를 구한다. 이어서, 새로 입력되는 입력영상에 대해 앞과 같은 방법으로 양자화 과정을 수행하고 초기 배경 영상과의 매칭 위치를 구한다. 매칭된 두 영상에 대한 대응되는 값을 누산기(accumulator) 배열에 누적한다. 같은 방법으로 모든 입력 영상에 대한 누적을 수행한 다음, 에지 검출 알고리즘을 적용하여 에지를 추출하여 참조 영상을 생성한다.

IV. 실험 결과

제안한 방법에서는 실외 주차장과 같이 환경 변화가 심한 동적 환경을 실험 영상으로 택하였다.

이러한 영상은 실외 환경에서 다양한 변화를 제공하며 배경 에지 생성 과정을 잘 보여 줄 수 있다. 따라서 주차장 이미지를 입력영상으로 모자이크를 이용해 이동 물체를 감시하기 위한 참조 에지 영상을 만든다. 그러나, 현재 이미지 모자이크를 위한 대부분의 방법들은 배경의 변화가 심한 환경의 경우 좋은 모자이크 이미지를 만들기 어렵다. 본 논문에서의 이미지 모자이크 방법은 현재 입력된 영상을 초기 배경 이미지와 에지 매칭을 이용하여 참조 에지에 누적하는 방법을 이용한다. 〈그림 6〉은 파노라믹 참조 에지 영상의 결과이다. 〈그림 6〉의 (a)의 입력 영상으로 (b)와 같이 배경 에지를 생성하고 계속하여 새로 입력되는 영상을 누적하는 방법을 이용하여 (c)와 같이 참조 에지 영상을 만든다.



(a) 입력 영상

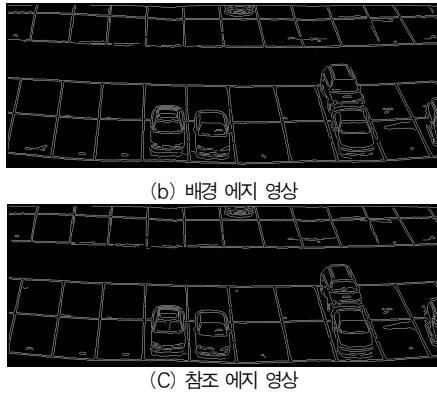


그림 6. 파노라믹 참조 에지 영상
Fig 6. Panoramic Reference Edge Image

배경 이미지를 만들기 위한 가중치가 부여된 가우스 함수를 이용한 방법 등의 기존의 방법들에 비해 본 논문에서 제시된 알고리즘을 이용한 결과가 계산 속도와 결과 이미지의 질적인 면에서 향상됨을 확인 할 수 있었다. 실험을 위한 환경은 영상처리 알고리즘 개발 도구인 "MTES"의 내부 함수로 알고리즘을 개발하였다. 에지 추출 알고리즘으로 Canny 방법을 사용하였다. 배경 에지 정합을 위해서 여러 후보 중 대표 패턴을 이용하여 후보를 빠르게 선정하고 선정된 후보들 중 신뢰도가 높은 에지를 선정하여 에지 매칭을 수행하였다. 이러한 배경 에지 정합 방법은 작은 형태 정보의 차이도 감지할 수 있고 부분적인 입력 패턴으로도 효과적으로 수행될 수 있다.

VI. 결론

본 연구에서는 이동 카메라를 이용하여 얻은 영상에서 이동 물체 자동 검출 알고리즘을 위한 참조 에지 생성을 제시한다. 수평방향으로만 회전하여 얻은 영상들을 실린더에 투영하여 실린더 파노라믹 영상을 만든다. 주위 환경변화에 강건한 파노라믹 참조 영상을 만들기 위해 앞서 작성한 실린더 파노라믹 영상과 새로 입력되는 영상간의 매칭 위치를 GHT를 이용하여 정확하게 찾았다. 매칭된 두 영상을 누적 에지 맵을 이용하여 누적하여 참조 영상을 생성하였다. 제안한 알고리즘은 실제 영상 열에 적용하였으며, 다양한 환경변화에서 오랫동안 관찰하여 누적된 에지 맵을 생성하고 이를 바탕으로 정확하고 자세한 참조 배경 에지를 성공적으로 만들 수 있었다. 참조 영상의 생성에 있어서 제한한 방

법은 기존의 방법에 비해 속도가 빠르고 생성된 참조영상의 결과도 질적인 면에서 향상된 결과를 보였다.

향후 동적환경에서 이동물체가 나타나거나 사라지는 경우를 참조에지에 반영하여 참조 에지를 자동 갱신할 수 있도록 만든다면, 침입자 검출과 같은 여러 감시 시스템에 응용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Szeliski R, Shum HY, "Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps" SIGGRAPH'97, p251-258.
- [2] H.Sawhney and S.Ayer, "Compact Representation of Video through Dominant and Multiple Motion Estimation", IEEE trans. PAMI, vol 18, 814-830, Aug. 1998.
- [3] M.Irani, P.Anandan and S.Hsu, "Mosaic Based Representations of Video Sequences and Their Applications", Proceedings ICCV, pages 605-611, 1995
- [4] R. Szeliski, "Image Mosaicing for Tele-Reality Applications", Technical Report CRL94/2, DEC-CRL, May 1994.
- [5] Chris Stauffer and W.E.L. Grimson, "Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking", CVPR99 Fort Collins, CO(June 1999)
- [6] ChristofRidder, 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, 193-199, 1995.
- [7] Paul L. Rosin, "Thresholding for Change Detection," Brunel University, technical report ISTR, 1997.
- [8] 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

- [9] 강현중, 이광형, "이동 객체 감시를 위한 실시간 객체 추출 및 추적시스템, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 10 권 제2호, pp. 59-68, 2005
- [10] H.S.Sawhney, S.Ayer and M.Gorkani, "Model-based 2D & 3D Dominant Motion Estimation for Mosaicing and Video Representation", Proceedings ICCV, pages 583-590, 1995
- [11] H. Y. Shum and R. Szeliski, "Systems and Experiment Paper: Construction of Panoramic Image Mosaics with Global and Local Alignment", International Journal of Computer Vision, vol 36, no.2, pp.101-130, 2000.
- [12] M.Irani and P.Anandan, "Video Indexing based on Mosaic Representation", Proc. IEEE, pp.905-921, May. 1998.
- [13] R.Szeliski, "Video Mosaics for Virtual Environments", IEEE Computer Graphics and Applications, pages 22-30, March 1996.
- [14] 이강호, 안용학, 김학춘, "디지털 영상 처리를 위한 에지 클래스의 설계", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제9권 제2호, pp. 49-55, 2004
- [15] 이강호, 안용학, "다중 해상도 에지 정합을 이용한 임의물체 검색 시스템의 설계 및 구현, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제9권 제3호, pp. 95-102, 2004

저 자 소 개



이 준 형

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



채 옥 삼

e-mail : oschae@khu.ac.kr
1982년 오кла호마 주립대학 전기
및 컴퓨터공학(공학석사)
1986년 오кла호마 주립대학 전기
및 컴퓨터공학(공학박사)
1986년~1988년 Texas
Instrument Image
Processing Lab.
선임연구원
1988년~현재 경희대학교 컴퓨터공
학과 교수
관심분야 : 멀티미디어데이터처리,
그래픽데이터처리,
영상처리, Signal
Processing 등