

논문 2008-45SP-6-13

가변시점 비디오 객체추적을 위한 특징점 기반 파노라마 배경 생성

(Feature-Based Panoramic Background Generation for Object Tracking
in Dynamic Video)

임재현*, 백준기**

(Jaehyun Im and Joonki Paik)

요약

본 논문은 시점이 변화하는 동적 비디오에서 파노라마 배경을 생성하고 객체 추적을 가능하게 하는 알고리즘을 제안한다. 보다 구체적으로, 카메라로 입력되는 인접한 두 영상에서 추출된 특징점으로 부터 영상간의 관계를 유도하며, 이를 이용한 실린더 투영, 영상의 재정렬, 그리고 겹침 지역의 일그러짐을 최소화 하기 위한 스티칭(stitching) 및 블렌딩(blending)을 수행한다. 이 과정에 의해서 생성된 배경을 기준으로 현재 입력 영상과 차분을 계산하여 객체 추적을 수행했다. 제안된 방법은 배경 생성이 완료된 이후부터는 객체의 감시만을 수행하므로 실시간으로 넓은 영역의 감시가 가능하며, 이를 통한 지속적인 객체의 추적이 가능하다. 따라서 향후 공공장소 등과 같이 넓은 영역에서의 감시, 추적에 이용할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose the algorithm for making panoramic background and object tracking using pan-tilt-zoom camera. We draw an analogy relation between images for cylinder projection, rearrange of images, stitching, and blending. We can then make the panoramic background, and can track the object use the panoramic background. After generated the background, the proposed algorithm tracks the moving object. Therefore it can detect the wide area, and it tracks the object continuously. So the proposed algorithm is able to use at wide area to detect and track the object.

Keywords : PTZ Camera, Panorama, Background generation, Object tracking

I. 서론

최근 잇따른 불특정 다수를 노린 테러 발생으로 보안 감시 시스템의 필요성이 급격히 증대되고 있다. 그러나 현재 대부분의 보안, 감시 시스템의 경우 단일 고정 카메라와 영상 저장 장치(Digital video recorder, DVR)를

사용하여 제한된 시야범위(field of view; FOV)에서의 감시와 단순 저장의 기능성을 가지고 있는 것이 현실이다. 제한된 FOV에서의 보안, 감시 시스템은 일반 감시 카메라의 FOV를 효율적으로 사용하기 위해 원거리에 설치하여 사용하는 경우가 많은데, 이렇게 되면 영상 내 대상체의 명확한 구분이 매우 어렵다. 고정 카메라는 그 특성상 사각지대가 존재하며, 이를 보완하기 위해서 다수의 카메라를 설치해야 하는 문제점도 가지고 있다. 최근 들어 이러한 문제점을 해결하기 위해서 보다 넓은 영역을 감시할 수 있는 광역 FOV 기반의 연구가 진행되고 있다. 광역 FOV를 구현하는 방법에는 어안렌즈와 같이 렌즈 자체가 광역 FOV를 갖는 특수렌즈를 사용하는 방법, 다수의 카메라를 결합하는 방법, 그리고 쌍곡면 거울과 같은 특수 거울을 사용하는 방법

* 학생회원, ** 평생회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 (Graduated School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

※ 본 연구는 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터 지원과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터(홈네트 워크연구센터) 육성 지원 사업, 그리고 2008년도 중앙대학교 우수연구자연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

접수일자: 2008년8월23일, 수정완료일: 2008년10월10일

이 있다. 그러나 전방위(Omni-direct) 카메라를 사용한 광역 FOV 환경 시스템은 최대 360도까지 주변 환경을 감시 할 수 있는 장점이 있지만, 렌즈 혹은 거울의 특성과 방향성으로 인하여 화면 왜곡(distortion)이 발생하게 되며, 이를 보정하기 위한 영상 보정 과정이 필요하다. 본 논문에서는 위에서 언급한 문제점들을 해결하기 위해 Pan-Tilt-Zoom(PTZ) 카메라를 사용하여 보안 감시 시스템에 대해 제안한다.

PTZ 카메라는 단일 고정식 카메라에 비하여 수평, 수직 회전과 영상의 확대 및 축소가 가능한 카메라로 전 방향을 감시를 할 수 있고, 균일한 해상도를 가진다는 장점이 있다. 따라서 PTZ 카메라를 이용한 광역 FOV의 구현과, 객체 추적 등의 연구가 진행되고 있다. PTZ 카메라를 이용한 객체 추적과 광역 FOV 연구들이 Pack이 제안한 논문에서 정리된 바 있다^[8].

PTZ 카메라를 이용한 객체 추적은 카메라 자체의 이동을 고려하여 카메라 움직임과 다른 움직임을 갖는 객체를 추출해야 한다. 또한, 카메라의 이동에 따라 객체와 배경의 위치 변화가 발생하기 때문에 배경이 정확하게 생성되지 않는다면 객체 추출이 불가능하다. 따라서 배경으로부터 객체를 추출하기 위해서는 배경을 생성하고 배경차분을 통해 객체를 배경으로부터 분리하는 방법과 인접한 프레임 사이에 배경을 안정화하여 객체를 분리하는 방법이 사용되고 있다.

Peleg는 이동식 카메라를 사용해서 여러 장의 영상을 미리 획득하는 동시에 장면과 장면 사이에 가장 잘 맞는 위치로 이동시켜 정렬하고 다양체 투영(manifold projection)을 사용하여 파노라마 영상을 만들었다^[1]. Kang은 연속된 프레임간 모자이크 방법을 사용하여 PTZ 카메라를 위한 적응적 배경생성 모델을 제시하였고, 배경 차분을 이용해서 객체를 추적하는 방법을 제안하였다^[2]. Azzari는 객체 추적을 위해 모자이크 방법을 이용하여 배경 생성을 하였고 객체 추출은 배경차분을 이용하였으며^[3], Canal은 PTZ 카메라를 이용한 추적 시스템의 설계를 제안하였다^[4]. Hu는 시공간적인 통계 방법을 이용한 가우시안 혼합 모델을 사용하여 환경 변화 감시를 제안했다^[5]. 이외에도 Scotti는 쌍 거울을 이용한 전 방향 시스템과 PTZ 카메라를 통합하는 시스템을 제안하였으며^[6], Yao 역시 어안렌즈와 PTZ 카메라를 통합한 시스템을 제안하였다^[7]

기존의 방법은 파노라마 배경생성을 위해 PTZ 카메라의 움직임을 위상정합 방법을 이용하여 지역 움직임 벡터와, 전역 움직임 벡터를 추정하는 반면^[8], 제안된

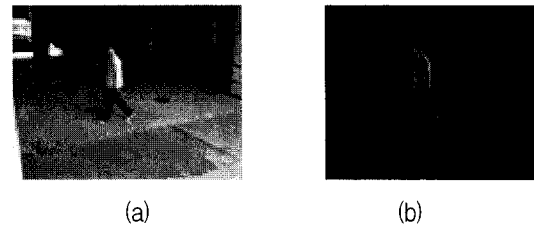


그림 1. (a) 입력 영상 프레임과 (b) 배경안정화를 이용한 객체 추출

Fig. 1. (a) Input frame, and (b) Object segmentation using background stabilization.

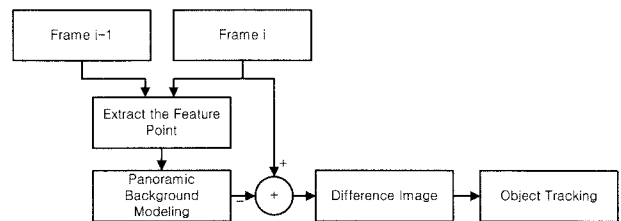


그림 2. 파노라마 배경 생성 및 객체 추적 블록도

Fig. 2. The block diagram of proposed algorithm.

방법은 영상의 특징점을 추출하여 파노라마 배경을 생성하고 객체를 추적한다. 제안하는 방법은 영상정합을 위한 실린더 투영과, 영상의 재정렬 방법을 공통적으로 사용한다.

인접한 프레임 사이에 배경 안정화에 관한 연구로는 에지 패턴 정합 기반의 비디오 안정화를 통한 배경생성 기반 기술이 제안되었고^[9], Erturk가 서브영상의 위상정합을 통한 안정화^[10] 제안하였고, Xu가 원형 블록정합을 이용한 안정화를 제안하였다^[11].

일반적인 배경 안정화를 이용한 객체추출 알고리즘은 카메라의 움직임을 제외한 객체의 이동 성분만을 가지기 때문에 그림 1(b)와 같이 객체의 정확한 형태를 알 수 없으며, 객체가 정지해 있다면 배경에서의 추출이 불가능하다.

따라서 본 논문에서는 그림 2와 같이 PTZ 카메라를 통해 입력되는 현재 프레임과 이전 프레임의 특징점을 이용하여 파노라마 배경을 생성한 뒤, 객체 추적은 현재 프레임과 배경 영상의 차분을 통해 객체를 추출하는 방식을 사용한다. 결과적으로, PTZ 카메라를 이용하여 파노라마 배경을 빠르고 안정적으로 생성 할 수 있으며, 광역 FOV 내의 객체를 지속적으로 추적할 수 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 파노라마 영상을 만들기 위한 특징점 추출 방법을 설명하고, III장에서는 PTZ 카메라를 이용한 파노라마 배경 생성 방법을 제안한다. IV장에서는 객체 추적 기술을 설명하며, V장에서는 제

안된 방법의 실험과 분석 결과를 설명하고, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 배경 생성을 위한 특징점 추출 방법

PTZ 카메라로부터 입력된 영상들을 하나의 파노라마 영상으로 생성하기 위해서는 영상간 겹침 영역이 존재해야 하며, 영상간 관계를 결정하기 위한 기준 영상(reference frame)과 목표 영상(target frame)의 대응점들에 대한 투영 변환 식을 유도해야 한다. 투영 변환을 위해서는 두 영상에서 매칭되는 대응점을 추출해야 한다. 때문에 이번 절에서는 대응점으로 사용하기 위한 특징점 추출 기법을 기술한다.

영상에서 코너 특징은 배경과 객체의 교차 부분에서 나타나며 직선과 같은 기하학적인 정보를 제공한다. 해리스(harris) 코너 검출 방법은 작은 윈도우를 움직이면서 윈도우 내의 픽셀의 변화를 분석하여 결정하는 방식으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 f_x &\approx f * D_x \\
 f_y &\approx f * D_y \\
 G &= \begin{bmatrix} \sum_w f^2 x & \sum_w f x f y \\ \sum_w f x f y & \sum_w f^2 y \end{bmatrix} = q \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} q^T \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기에서 G 는 이웃한 화소의 밝기 값의 변화를 나타내는 행렬이며, f_x 와 f_y 는 각각 축과 축의 편미분을 의미한다. 또한, λ_1 과 λ_2 는 행렬의 고유값을 나타내며, q 는 이웃화소를 나타낸다. 해리스 코너 검출 방법에서 행렬의 고유 값을 직접 구하는 방법 대신 응답 함수(response function)을 정의하여 코너를 찾는 척도로 사용한다.

코너 응답 함수 R 은 식 (2)와 같이 정의 할 수 있으며, 일반적으로 코너 응답 함수에서 상수 값 k 는 $0.04 \sim 0.06$ 사이의 값이 적당하다고 알려져 있다.

$$\begin{aligned}
 R &= Det(G) - k \cdot Tr(G)^2 \\
 Det(G) &= \lambda_1 \cdot \lambda_2, \quad Tr(G) = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (2)
 \end{aligned}$$

위의 식에서 Det 는 G 행렬에 포함되는 특징점과 에지 성분, 즉 영상 내에 존재하는 모든 특징점과 에지 성분을 나타내며, Tr 은 특징점을 뺀 나머지 성분을 나타낸다.

원 영상의 관심 특징점을 참조 영상에서 가장 비슷한 특징점을 추정하여 대응점 쌍을 만든다. 특징점 비교는

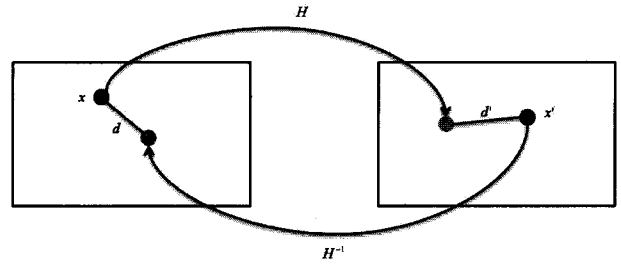


그림 3. 오차 값의 추정
Fig. 3. Estimation of error.

그 특징점과 주변 화소들 간의 유사도를 측정함으로써 가장 유사도가 높은 점을 대응점으로 선정한다. 유사도 측정을 위해 정규화된 상호상관관계(normalized cross correlation: NCC)을 사용하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 NCC &= \frac{\sum_{(u+\Delta u, v+\Delta v) \in \text{Template}} (I_k(u, v) - \bar{I}_k)(I_n(u + \Delta u, v + \Delta v) - \bar{I}_n)}{\sqrt{\sum_{(u, v) \in \text{Template}} (I_k(u, v) - \bar{I}_k)^2 \sum_{(u + \Delta u, v + \Delta v) \in \text{Template}} (I_n(u + \Delta u, v + \Delta v) - \bar{I}_n)^2}} \quad (3)
 \end{aligned}$$

여기서 I_n 와 I_k 는 각각 영상 탐색창의 좌표와 영상 화소 좌표 값을 나타내며, u, v 는 이웃 화소의 위치를 나타내고, \bar{I}_n 과 \bar{I}_k 는 각각 탐색창 좌표의 평균과 이웃 화소와의 평균 화소 값을 나타낸다.

대응 특징점 쌍은 항상 선형적이지 않기 때문에 비선형적인 특징점을 제거하고 추정되는 대표 특징점을 이용하여 직접 선형 변환 알고리즘을 적용하여 변환 행렬 H 를 결정해야 한다. RANSAC 알고리즘은 임의의 특징점 n 개를 이용하여 직교하는 직선 내에 포함되는 특징점의 수가 가장 많은 특징점들을 선정하여 사용하기 때문에 대부분의 선형 특징점 쌍을 구별하기에 효과적이다. 또한 반복적으로 선정된 특징점 쌍만을 이용하여 직접 선형 변환 알고리즘으로 행렬 H 를 추정하고 대칭적인 추정 오차 값을 측정하여 가장 적은 오차 값 행렬을 구성한다.

x_i 를 변환 전 영상의 한 점이라 가정하고, x'_i 를 변환 후 영상의 대응점이라 가정했을 때, 대칭적인 추정 오차 값은 행렬 H 에 의해 원영상의 관심 특징점에서 참조 영상으로 투영하였을 때의 오차 값 d 와 참조영상의 대응점에서 원 영상으로 역투영 하였을 때의 오차 값 d' 을 합한 오차 값이며, 이는 식 (4)과 같이 표현할 수 있으며, 그림 3에 설명을 도시 하였다^[12].

$$\sum_i d(x_i, H^{-1}x'_i)^2 + d(x'_i, Hx_i)^2 \quad (4)$$

III. PTZ 카메라를 이용한 파노라마 배경 생성

영상 변환 방법으로는 특징점 기반의 이미지 모자이크(mosaic) 방법이 있다^[13]. 이 방법은 연속된 두 영상간의 투영 관계식을 유도하기 위한 가장 일반적인 방법으로서 영상 내의 코너(corner), 에지(edge), 그리고 라인(line) 등의 기하학적인 특징들을 추출하여 기준 영상과 목표 영상간의 대응점을 찾는다. 본 절에서는 파노라마 배경 생성을 위해 사용된 직접선형변환 알고리즘과 stitching 기법을 사용하였다.

1. 직접선형변환

(Direct linear transformation; DLT)

직접 선형 변환은 등질(homogeneous)한 임의의 점들을 이용하여 영상 전체를 변화시키는 방법으로 두 영상의 대응점들을 이용하여 H 행렬을 생성할 수 있으며, H 를 구하는 직접 선형 변환 알고리즘은 다음의 4단계를 거친다. 우선적으로 i) 변환 전 좌표 $X_i = (x_i, y_i, 1)$ 와 변환 된 후의 좌표 $X'_i = (x'_i, y'_i, 1)$ 의 대응성 ($X_i \leftrightarrow X'_i$)을 이용해서 행렬 A_i 를 구하고, ii) n 개의 대응점과 2×9 사이즈의 A_i 행렬을 이용하여 $2n \times 9$ 사이즈의 A 행렬로 정리한다. iii) $A_i h = 0$ 에서 $h \neq 0$ 이므로 A 의 특이 값 분해(singular value decomposition, SVD)를 이용하여 h 를 구한 뒤, 마지막으로 iv) h 로부터 H 행렬을 결정한다.

위의 직접 선형 변환 알고리즘 단계에서 i)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} 0^T & -X^T & y'_i X_i^T \\ -X_i^T & 0^T & -x'_i X_i^T \\ -y'_i X_i^T & x'_i X_i^T & 0^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{bmatrix} = 0, \quad h = \begin{bmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

일반적으로 식 (5)의 3×3 행렬에서 첫 번째, 두 번째 열만 사용되므로 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} 0^T & -x_i^T & y_i X_i^T \\ -x_i^T & 0^T & -x'_i X_i^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{bmatrix} = 0 \quad (6)$$

위의 식 (6)에서 $A_i h = 0$ 으로 표현할 수 있으며, 이를 통하여 다음 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A_i = \begin{bmatrix} 0^T & -x_i^T & y_i X_i^T \\ x_i^T & 0^T & -x'_i X_i^T \end{bmatrix} \quad (7)$$

직접 선형 변환 알고리즘 단계에서 ii)는 $n = 1$ 이라

가정하면 다음 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -x & -y & -1 & xy' & yy' & y' \\ xy & y1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -xx' & -yx' & -x' \end{bmatrix} h = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

2. Stitching

영상간의 관계를 유도한 후, 두 영상을 i) 실린더 투영하고, ii) 지역 재 정렬(local alignment)을 수행하고, iii) 겹침 지역의 일그러짐을 최소화하기 위한 스티칭(stitching)과 iv) 브렌딩(blending)을 수행하여 파노라마 배경을 생성한다.

카메라의 영상들은 밝기 자동 조절 장치(Auto gain control, AGC)에 의한 전역적인 밝기 변화 때문에 동일한 대상이라도 카메라의 각도에 따라 서로 다른 밝기 값을 가진다. 따라서 겹침 지역이 30~40%가 되는 영상들을 획득하고 획득된 영상 사이에서 평균 밝기 값을 동일하게 해준다. 또한 외곽 부분의 왜곡에 의한 추정 오차를 줄이기 위하여 그림 4와 같이 실린더 투영기법을 적용하여 입력 영상을 실린더 좌표로 투영시킨다.

그림 4에서 실린더 투영은 원본영상의 한 점을 실린더의 한 점의 위치로 이동시키는 방법으로서, 실험에서 사용한 실린더의 반지름은 식 (9)와 같으며, f 는 PTZ 카메라의 초점 거리를 나타내고, 카메라의 내부 변수(internal parameter)에 의해 초기화되며 $width$ 는 영상의 가로 폭을 나타낸다.

$$R = \sqrt{f^2 + \left(\frac{width}{2}\right)^2} \quad (9)$$

원 영상에서 실린더 투영으로 얻어진 새로운 좌표 (u, v) 는 식 (10)과 같이 역 투영으로 계산된다.

$$\begin{aligned} \left(f \tan \frac{u}{v}, f \frac{v}{R \cos \left(\frac{u}{R} \right)} \right) &= \left(f \frac{R \sin \frac{u}{R}}{R \cos \frac{u}{R}}, f \frac{v}{R \cos \left(\frac{u}{R} \right)} \right) \\ &= \left(f \frac{R \sin \left(\frac{u}{R} \right)}{\sqrt{R^2 - R^2 \sin^2 \left(\frac{u}{R} \right)}}, f \frac{v}{\sqrt{R^2 - R^2 \sin^2 \left(\frac{u}{R} \right)}} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

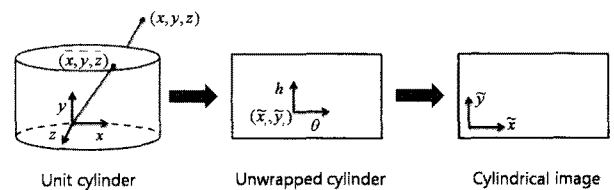


그림 4. 실린더 투영

Fig. 4. Cylinder projection.

그리고 $u \approx R \sin(u/R)$ 와 같은 근사화를 사용해서 실린더 좌표의 한 점을 $u \approx R \sin(u/R)$ 와 같이 나타낼 수 있으며, 다음과 같이 영상의 한 점으로 나타낼 수 있다.

$$\left(f \frac{u}{\sqrt{R^2 - u^2}}, f \frac{v}{\sqrt{R^2 - u^2}} \right) \quad (11)$$

원본영상에서 실린더 평면으로의 빠른 투영을 위해 그림 5와 같이 x, y, z 축에 대칭적인 4개의 지역 중 한 지역의 투영 위치를 계산한 뒤 나머지 지역은 계산된 투영위치에서 대칭적인 위치로 대체하여 사용할 수 있다.

예측된 영상간 관계는 이웃한 영상간의 상대적인 값으로서, 실제 영상을 완벽하게 정합시키지 못하여 고스트(Ghost) 현상이 생길 수 있으며, 실린더에 투영된 두 영상의 겹침 지역은 더 이상 최적의 영역이 아닐 수 있기 때문에 영상간 재정렬이 필요하다. 따라서 최적의 겹침 지역을 계산하기 위해 두 영상의 겹침 지역을 가장 유사한 블록의 정합 오차를 계산함으로써 최적의 위치를 재 추정할 수 있다.

지역 재정렬은 그림 6과 같이 겹침 지역에 있는 오른쪽 영상에서 템플릿을 생성하고 왼쪽 영상에 정합을 수행하여 가장 적은 오차를 가진 지역으로 정합시킨다.

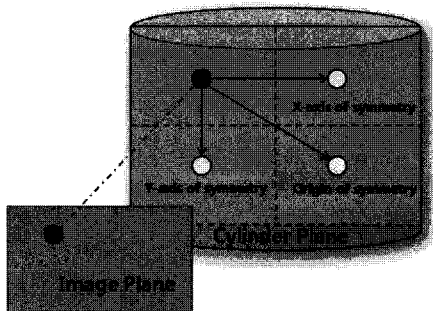


그림 5. 투영 위치 계산법
Fig. 5. Calculation method of projected position.

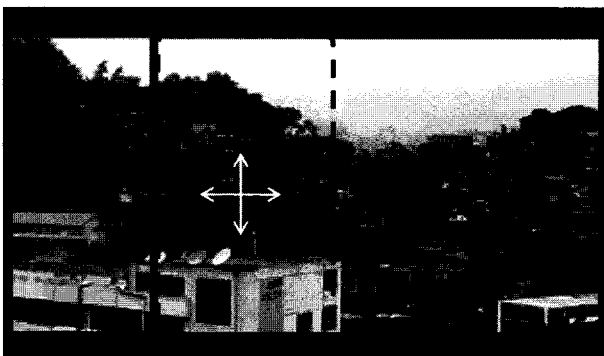


그림 6. 파노라마 영상의 정렬 방법
Fig. 6. Arrange method of panoramic image.

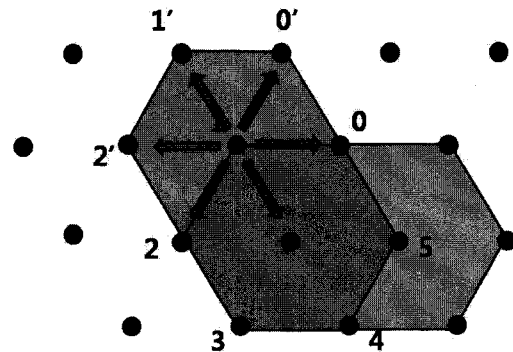


그림 7. 6-방향 탐색 방법
Fig. 7. hexagonal search method.

기존의 블록 정합 알고리즘은 계산이 많기 때문에 그림 7과 같이 6방향의 오차를 측정하고 가장 적은 오차 방향으로 이동한 다음 추가로 주변 3방향을 측정하여 오차가 가장 적은 위치를 찾으려 하는 hexagonal search 방법을 사용하였다.

정렬된 영상은 Stitching 기법에 의해 두 영상간 오차가 가장 적은 접합 부분을 생성하고 생성된 접합 부분을 따라 Blending을 하여 겹치는 경계 면을 부드럽게 만든다. Stitching 기법은 겹침 지역의 오차 비용(cost map)을 추출하고 전체의 오차 비용(total cost map)을 누적시킨다.

IV. 객체 추적 기술

입력된 영상에서 객체를 추적하기 위해 가장 일반적으로 사용하는 방법이 배경차분이다. 배경 차분을 사용하여 객체를 추적하기 위해서는 객체가 존재하지 않는 영상이 필요하다. 앞 절에서 제안했던 파노라마 영상은 배경 영상을 기준으로 현재 입력되는 영상과 차분을 한다. 그러나 카메라에서 입력된 영상은 잡음을 가지고 있기 때문에 두 영상을 차분하기 전에 가우시안 필터를 사용하여 잡음을 제거 한다.

차분 결과 영상은 배경의 움직임 또는 조도의 영향으로 원하지 않는 영역에서 차분값이 생성될 수 있다. 그러나 추출된 객체 영역의 분포가 가장 크기 때문에 모폴로지 기법을 사용하여 결과 영상의 피객체 영역에 생성된 값을 제거한다.

그림 8(a)는 입력 영상이고, 그림 8(b)는 배경에서 객체가 존재하는 영상을 단순 차분을 했을 경우 잡음이 심한 것을 보여준다. 그림 8(c)는 가우시안 필터를 적용하여 잡음을 제거한 결과이다. 하지만 차분된 객체가 끊어져 있으며 영상 일부분에 아직 잡음이 존재하

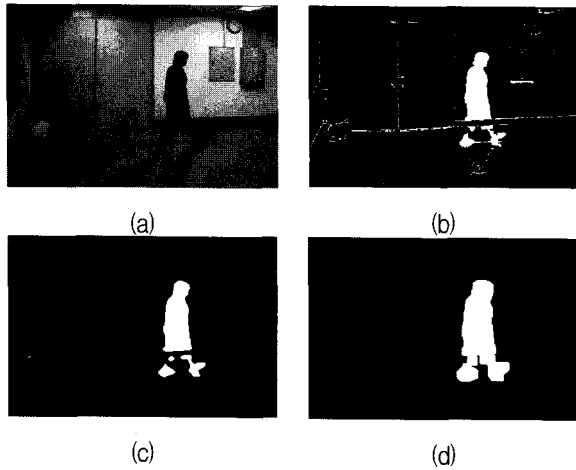


그림 8. (a) 입력 영상, (b) 배경 차분, (c) 가우시안 필터를 이용한 차분, (d) 가우시안과 모폴로지를 이용한 차분

Fig. 8. (a) Input frame, (b) Background difference, (c) Difference using Gaussian filter, (d) Difference using Gaussian filter and morphology.

는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 객체 추적 시 하나의 객체를 두 개로 인식하게 하는 원인이 되므로 그림 8(d)에서 끊어짐이 없는 차분값이 되도록 모폴로지 기법을 사용하여 끊어진 부분을 채우고 일부 존재하는 잡음도 제거하였다. 이와 같이 추출한 객체 영역의 중심을 기준으로 PTZ 카메라는 객체를 추적한다. 그리고 차분을 통하여 얻어진 객체가 카메라의 FOV를 벗어나지 않도록 객체의 중심이 카메라의 중심에서 멀어지면 카메라 중심에 객체의 중심이 오도록 카메라 시점을 이동시킨다.

V. 실험 결과

실험은 Pelco PTZ 카메라를 사용하여 320×240 크기의 영상을 사용하였으며, 실험은 실내와 실외에서 이뤄졌고, 객체 추적을 위해 밝기 값의 문턱치를 25로 지정했다. 아래의 그림 9(a)와 그림 10은 실내와 실외 환경에서 생성된 파노라마 배경 영상 결과를 보여준다.

그림 9(c)는 겹침 지역이 50%인 영상을 획득하고 파노라마 배경을 생성한 결과이다. 그림 9(b)에서 적색 십자가는 이전 프레임의 특징점을, 청색 십자가는 현재 프레임의 특징점을 나타내며, 녹색은 이전 프레임과 현재 프레임에서 동일한 특징점이라고 판단되는 점끼리의 정합을 나타낸다. 그림 10은 실외 환경에서의 실험 결과이다. 실험 결과, 실외 영상이 실내 영상보다 복잡도가 높고 조도의 변화가 크기 때문에 그에 비례해서 오

표 1. 이전 영상과 현재 영상의 특징점 정합율

Table 1. Feature matching rate between current frame and previous frame.

	이전 영상의 특징점	현재 영상의 특징점	정합이 되지 못한 특징점	정합 성공률 (%)
실내	185	129	4	96.99%
실외	169	163	52	65.68%

표 2. 이전 영상과 현재 영상의 특징점 개수 변화

Table 2. The number of features between current frame and ahead of frame.

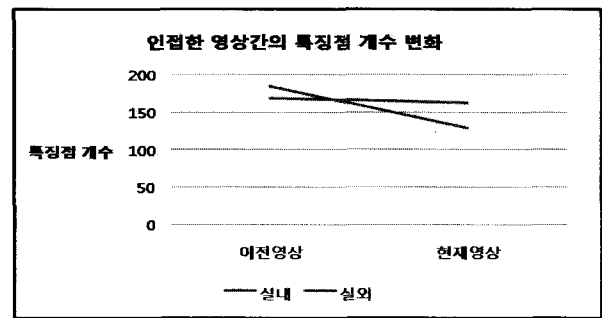
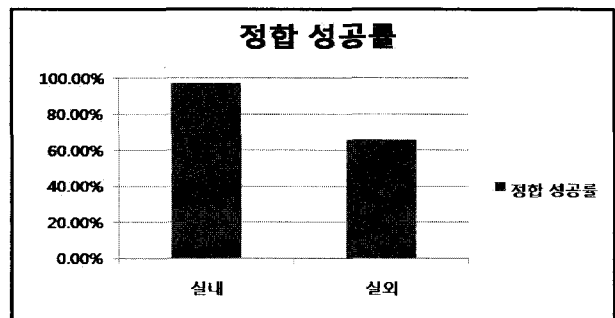


표 3. 특징점 정합 성공률

Table 3. The matching rate of feature points.



차가 커지는 것을 알 수 있었다. 표 1은 실내환경과 실외환경에서 인접한 영상의 특징점 개수의 변화와 정합에 실패한 특징점 개수, 그리고 정합 성공률을 나타낸다. 표 2는 프레임 사이의 특징점 개수의 변화를, 그리고 표 3은 정합율을 그래프로 보여주고 있다.

그림 11은 파노라마 배경 영상을 이용하여 현재 카메라를 통해 입력된 영상에서 객체를 분리하기 위해 차분한 결과로서 IV장에서 제안한 객체 추출 방법을 통해 나온 결과이다. 위의 실험 결과를 보면 객체가 존재하지 않을 경우 계속되는 PTZ 카메라의 파노라마 배경 생성으로 배경의 변화와 조도의 변화에도 강건한 객체 추출 및 추적을 보여준다.

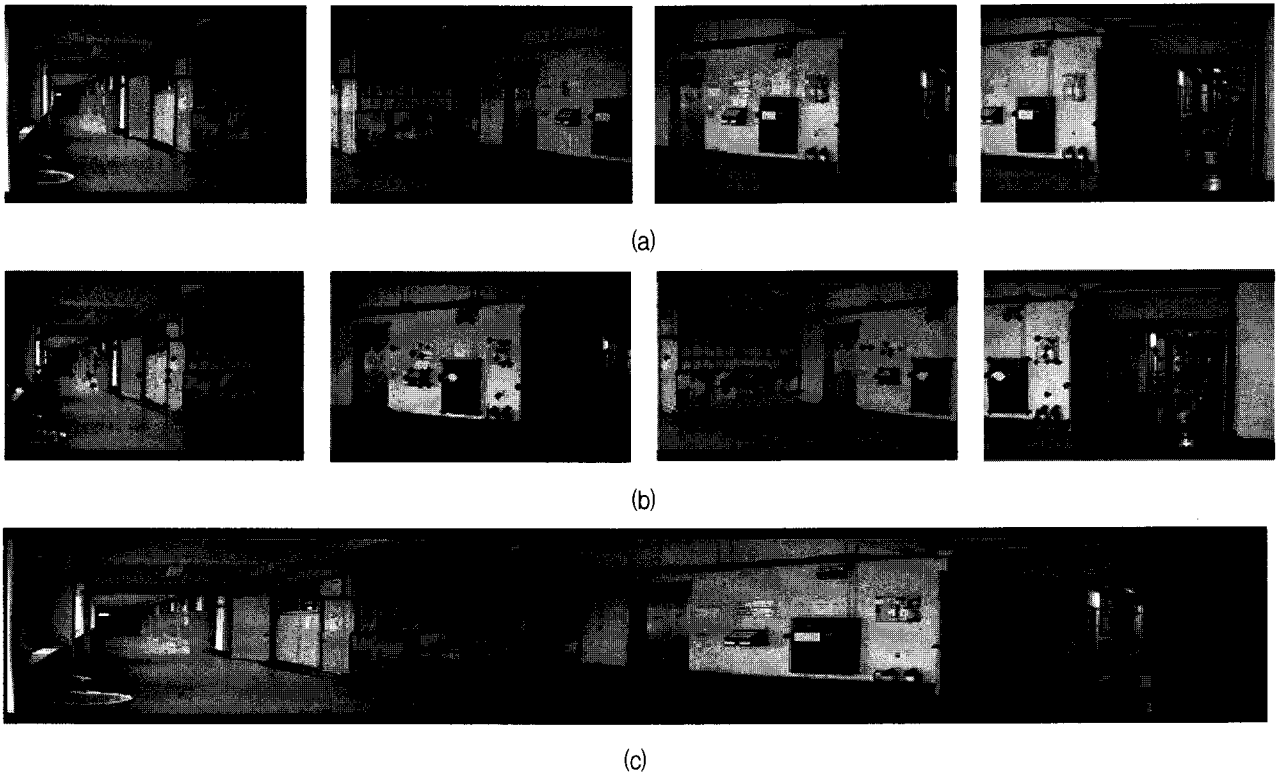
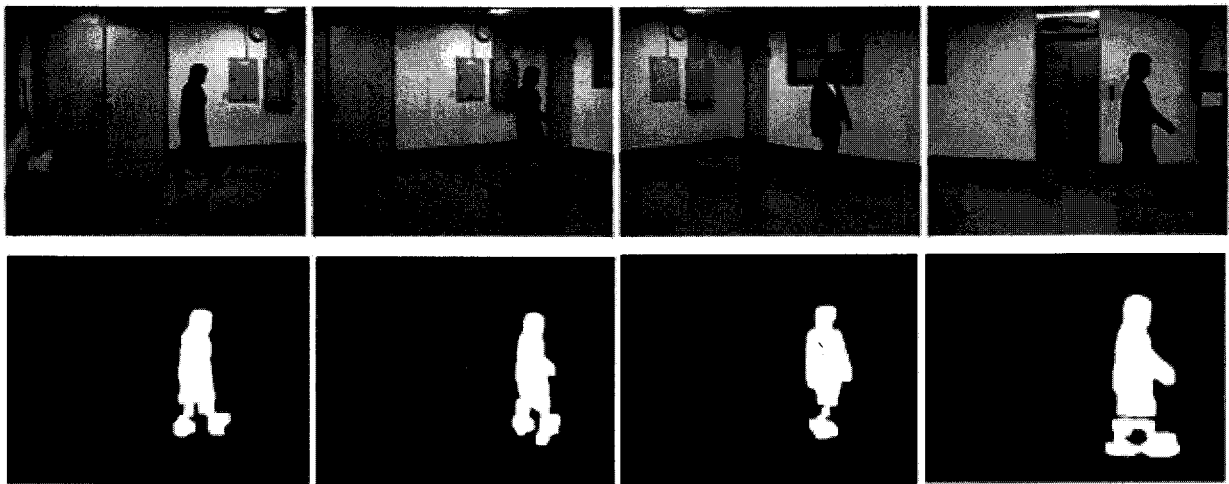


그림 9. (a) 실내환경의 입력영상, (b) 특징점 추출, (c) 파노라마 배경 생성
 Fig. 9. (a) Input frame at indoor, (b) Extracting feature points, (c) Panoramic background generation.



그림 10. 실외환경의 파노라마 배경 생성
 Fig. 10. Panoramic background generation at outdoor.



32 frame 95 frame 174 frame 311 frame

그림 11. 제안된 객체 추적 결과
 Fig. 11. The experimental results of proposed algorithm.

VI. 결 론

본 논문에서는 PTZ 카메라를 이용한 객체 추적을 위한 파노라마 배경영상을 생성하고 입력영상과 배경영상의 배경 차분 방법을 통해 객체를 추출하였다.

기존의 카메라의 움직임에 이용한 방법은 미리 카메라의 움직임을 정의해 놓은 코드북을 생성하고 현재 카메라의 움직임과 가장 유사한 움직임을 선택하였다. 그러나 카메라의 항상 코드북과 같이 나타나지 않으므로 오차가 발생할 가능성이 존재한다. 제안된 방법은 인접한 영상의 특징점을 추출하여 매칭하는 방법을 제안함으로써 코드북을 사용하지 않으므로 발생할 수 있는 오차 요인을 제거하였다.

앞으로의 연구 과제는 PTZ 카메라의 구동장치의 정교한 제어에 관한 연구가 더 이루어져야 할 것이며, 영상의 복잡도와 관계없이 강건한 파노라마 배경을 생성할 수 있도록 제안한 알고리즘을 더욱 발전시켜 나갈 것이다.

제안된 알고리즘은 PTZ 카메라를 다양한 환경에 적용하여 복잡한 환경에서의 형태 기반의 객체 추적, 혹은 얼굴인식 분야 등으로 발전해 나갈 수 있으며, 다른 영상센서와 접목한 이중센서 기반의 감시 시스템으로도 발전해 나갈 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] S. Peleg and J. Herman, "Panoramic mosaics by manifold projection," Proc. Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, no. 1, pp. 338-343, June 1997.
- [2] S. Kang, J. Paik, A. Koschan, B. Abidi, and A. Abidi, "Real-time video tracking using PTZ cameras," Proc. SPIE 6th International Conference on Quality Control by Artificial Vision, vol. 5132, pp. 103-111, May 2003.
- [3] P. Azzari, L. Stefano, and A. Bevilacqua, "An effective real-time mosaicing algorithm apt to detect motion through background subtraction using a PTZ camera," IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, pp. 511-516, September 2005.
- [4] R. Canals, A. Roussel, H. Famechon, and S. Treuillet, "A biprocessor-oriented vision-based target tracking system," *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 49, no. 2, pp. 500-506, April 2002.
- [5] J. Hu and T. Su, "Robust environment change detection using PTZ camera via spatial-temporal probabilistic modeling," *IEEE Trans. Mechatronics*, vol. 12, no. 3, pp. 339-344, June 2007.
- [6] G. Scotti, L. Marcenaro, C. Coelho, F. Selvaggi, and C. Regazzoni, "Dual camera intelligent sensor for high definition 360 degrees surveillance," *IEE Proc. Vision, Image and Signal Processing*, vol. 152, no. 2, pp. 250-257, April 2005.
- [7] Y. Yao, B. Abidi, and M. Abidi, "Fusion of omni-directional and PTZ camera for accurate cooperative tracking," Proc. IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance, pp. 46, November 2006.
- [8] 백인호, 임재현, 박경주, 백준기, "Pan-Tilt-Zoom 카메라를 이용한 파노라마 배경 생성과 객체 추적," *전자공학회 논문지*, SP편, 45권 3호, pp. 239-247, 2008년 5월.
- [9] J. Paik, Y. Park, and D. Kim, "An adaptive motion decision system for digital image stabilizer based on edge pattern matching," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 38, pp. 607-616, August 1992.
- [10] S. Erturk, "Digital image stabilization with sub-image phase correlation based global motion estimation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 49, pp. 1320-1325, November 2003.
- [11] L. Xu and X. Lin, "Digital image stabilization based on circular block matching," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 52, no. 2, pp. 566-574, May 2006.
- [12] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*, Cambridge, 2003.
- [13] Z. Imad, O. Faugeras, and R. Deriche, "Using geometric corners to build a 2D mosaic from a set of images," Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision, Pattern Recognition, pp. 420-425, June 1997.

저 자 소 개



임 재 현(학생회원)
 2007년 강남대학교 전자시스템
 공학부 학사 졸업.
 2008년 현재 중앙대학교 첨단영상
 대학원 석사과정 재학중.
 <주관심분야 : 영상분석, 객체추
 적>



백 준 기(평생회원)
 1984년 서울대학교 제어계측
 공학과 학사 졸업.
 1987년 노스웨스턴대학교 전기 및
 컴퓨터 공학과 석사 졸업.
 1990년 노스웨스턴대학교 전기 및
 컴퓨터 공학과 박사 졸업.
 2008년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원
 영상공학과 교수
 <주관심분야 : 영상복원, 신호처리, 반도체>