

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.4.173>

IIBC 2014-4-25

템플릿 매칭과 버퍼를 이용한 특징점 추적 방법

A Feature Point Tracking Method By Using Template Matching and Buffer

조정현*, 안철웅**, 전재현***

Jeong-Hyun Cho*, Cheol-Woong Ahn**, Jae-Hyun Jun***

요약 오늘날 한국 사회에서 백내장 수술은 가장 빈번하게 이루어지는 수술중 하나이다. 백내장을 치료하기 위한 방법은 다양하게 발전해왔다. 이 중 오늘날 널리 쓰이는 방식은 인공 수정체를 이용하여 기존의 수정체와 교환하는 방법이다. 인공 수정체 삽입 시 미리 계산된 지점 및 각도로 정확하게 삽입하는 것이 중요할 수 있는 지점 표시가 필요 하다. 그러나 수술 중에 눈에서 분비되는 이물질 같은 요인에 의해 표시가 지워질 수 있다. 그러므로 이런 표시방법을 실시간으로 카메라 영상을 받음으로써 영상처리로 추적하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 템플릿 매칭과 버퍼를 이용한 특징점 추적 방법을 제안한다. 제안한 방법을 적용함으로써 해당 수정체 삽입 위치를 정확히 추적하는 것을 확인하였다.

Abstract Today, a surgery for cataract of Korean society frequently come to operation. A method for treating cataracts have been developed in various ways. Widely used method is a method to use the artificial lens and replace it with the existing lens. The surgery can be inserted exactly according to the angle and points that are calculated in advance in the intraocular lens insertion is important. However, The lens insertion point can delete or blur the display due to such factors as foreign material coming out of the eye during surgery. Therefore, The lens insertion point needs a method of tracking the image processing by receiving the camera images in real time display method. In this paper, we propose a feature point tracking method by using template matching and buffer. a simulation results show that our ideas can track a feature point of the intraocular lens insertion.

Key Words : Feature Point Tracking, Template Matching, Cataract Surgery

1. 서 론

오늘날 사회는 의학의 발달과 생활 수준과 환경의 개선으로 평균수명이 높아지면서 고령화 사회로 진행되고 있다. 고령화 사회로 진행되는 가운데 백내장 수술은 한국 사회에서 가장 빈번한 수술중 하나이다. 대부분의 백

내장은 노화현상의 하나로 발생하는 노인성백내장이 시력저하의 가장 흔한 원인으로, 대개 50세 이후 발생하고 나이가 들면 발병률이 높아져 60대에는 50%, 70대에 70% 그리고 80대에는 거의 모든 사람들에게서 발병한다. 백내장은 오늘날 한국 사회의 고령화로 인해 발생빈도가 더욱 높아졌다.

*정회원, 영남이공대학교 컴퓨터계열

**정회원, 계명문화대학교 디지털콘텐츠학부

***정회원, 경북대학교 컴퓨터학부

접수일자 : 2014년 6월 10일, 수정완료 : 2014년 7월 10일

게재확정일자 : 2014년 8월 8일

Received: 10 June, 2014 / Revised: 10 July, 2014

Accepted: 8 August, 2014

*Corresponding Author: jhjun@mmlab.knu.ac.kr

Division of Computer Engineering, Yengnam College of Science & Technology, Korea



그림 1. 정상안과 백내장 안에 비치는 사물의 모습
Fig. 1. View normal eye and Cataract eye

백내장은 눈의 수정체가 혼탁해지는 질병이다. 눈의 검은자와 홍채 뒤에는 투명한 안구 조직인 수정체가 존재하여 눈의 주된 굴절기관으로 작용한다. 눈으로 들어온 빛은 수정체를 통과하면서 굴절되어 망막에 상을 맺게 되는데, 백내장은 이러한 수정체가 혼탁해져 빛을 제대로 통과시키지 못하게 되면서 안개가 낀 것처럼 시야가 뿌옇게 보이게 되는 질환이다. 이 현상은 그림 1과 같다.

백내장 환자가 증가함에 따라 이를 해결할 수 있는 많은 수술 방법이 연구되고 있다. 이들 중 가장 많이 사용하는 수술 방법은 인공수정체를 이용한 방법이다.

인공 수정체를 이용하는 방법은 인공수정체를 계산된 위치에 정확하게 삽입하는 것이 중요하다. 이를 위해 인공수정체를 삽입하기 전에 환자의 눈에 직접 펜으로 절개부분 및 각도를 표시한다. 이때 표시한 각도에 따라 백내장을 적출 후 인공 수정체를 삽입한다. 그러나 이 표시는 그림 2와 같이 수술 중 눈에서 나오는 분비물이나 세척을 위한 식염수 등으로 인해 흐려지거나 최악의 경우 표시가 지워져서 정확한 삽입 위치하기 어려운 경우가 발생한다. 이런 문제를 해결하기 위하여 인공수정체 삽입을 할 때 절개부분 및 각도에 대해 직접적으로 표시하는 대신 이미지 프로세싱을 이용한 삽입 위치 영역을 표시하고자 한다.

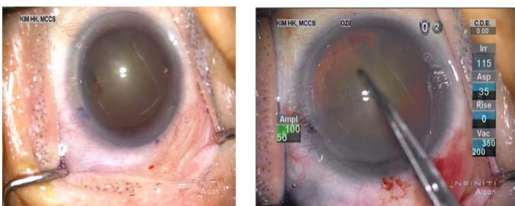


그림 2. 인공 수정체 삽입시 수술 전 각도 표시 사진(왼쪽)과 수술 중 표시가 흐려진 사진(오른쪽)
Fig. 2. A angle marking picture before operate (left) and blurred angle marking picture on operate(right)

본 논문의 세부적인 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 추적하는 방법에 대해 소개를 하고 취약점을 소개한다. 3 장에서는 영상 처리 기술을 이용한 영역 추적 방법을 제시하고 4장에서는 본 논문에서 제안한 방법에 대해 실험하고 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 내린다.

II. 기존 영상 추적 연구

객체 추적방법은 컴퓨터 비전 분야에서 활발하게 연구되는 주제 중 하나이다. 현재 사용되고 있는 객체 추적 방법은 템플릿 매칭(Template Matching)^[7], 광 흐름(Optical Flow)^[1], SIFT(Scale Invariant Feature Transform)^[2], SURF (Speeded Up Robust Features)^[3], KLT (Kanade Lucas Tomasi Feature Tracker)^[4] 등 여러 추적방법^[6]이 있다.

템플릿 매칭(Template Matching)은 찾고자 하는 영역의 템플릿(Template)을 만들어 입력 영상과의 상관관계(correlation)를 이용한 매칭(Matching)을 사용하는 방식이다. 템플릿 매칭에서 템플릿 이미지가 소스 이미지보다 충분히 작다면 이 템플릿 매칭은 충분히 사용 가능하다. 주로 템플릿 매칭은 문자나 숫자, 혹은 작고 간단한 특징 점을 가진 물체를 찾고 구별하는데 사용된다.

템플릿 매칭은 3가지의 방법이 존재한다. 제곱차(squared difference) 매칭 방법, 상관관계(correlation) 매칭 방법 그리고 상관계수(correlation coefficient) 매칭 방법이다. 이에 대한 설명을 위해 입력 영상을 I, 템플릿을 T, 결과 영상을 R이라고 표기한다.

제곱차 매칭 방법은 픽셀값의 제곱차를 이용한다. 식 1과 같이 입력 영상과 템플릿 영상이 일치하면 R(x, y)의 값은 0을 반환하게 되고 그렇지 않으면 값이 커지게 된다.

$$R_{sq_diff}(x, y) = \sum_{x', y'} [I(x', y') - I(x + x', y + y')]^2 \quad (1)$$

상관관계 매칭 방법은 템플릿과 입력 영상의 곱을 제공하여 모두 더한다. 그러므로 완벽하게 일치하면 R(x, y)의 값이 크게 나오고, 일치하지 않으면 작은 값이 나오거나 0이 나온다. 이는 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{corr}(x, y) = \sum_{x', y'} [T(x', y') \cdot I(x+x', y+y')]^2 \quad (2)$$

상관계수 방법은 템플릿과 입력 영상 각각의 평균을 고려한 매칭을 수행한다. 그러므로 완벽하게 일치하면 $R(x, y)$ 의 값은 1을 반환하고 완전히 불일치하면 -1을 반환하며 두 영상 사이에 전혀 연관성이 없음을 의미한다. 이는 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} [T'(x', y') - I'(x+x', y+y')] \quad (3)$$

$$T'(x', y') = T(x', y') - \frac{\sum_{x'', y''} T(x'', y'')}{w-h}$$

$$I'(x+x', y+y') = \frac{\sum_{x'', y''} I(x+x'', y+y'')}{w \cdot h}$$

식 3에서 $T'(x', y')$ 에서 x' 는 $1 \sim w$, y' 는 $1 \sim h$ 값을 가지며 $T(x', y')$ 의 픽셀과 T 의 평균 픽셀의 차를 구하여 $T'(x', y')$ 에 대입한다. $I'(x+x', y+y')$ 에서 x 는 $1 \sim W$, y 는 $1 \sim H$, x' 와 x'' 는 $1 \sim w$, y' 와 y'' 는 $1 \sim h$ 의 값을 가지게 된다. 그러므로 $T'(x', y')$ 는 템플릿 T 의 (x', y') 위치 픽셀과 템플릿 T 의 평균 픽셀의 차를 나타내고 $I'(x+x', y+y')$ 는 입력영상 I 의 $(x+x', y+y')$ 픽셀과 입력영상 I 의 평균 픽셀의 차를 나타낸다. 이렇게 계속된 $R(x, y)$ 는 수식 4와 같이 정규화 할 수 있다.

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} [I'(x', y') - I'(x+x', y+y')]}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x+x', y+y')^2}} \quad (4)$$

$R(x, y)$ 의 값이 1에 근접할수록 템플릿과 연관성이 많은 영상이며 0일수록 연관성이 없는 영상이고 부정상관(negative correlation)이 높을 경우 -1을 반환하게 된다.

그림 3은 템플릿 매칭의 추적방법을 나타낸 그림이다. 먼저 기준 프레임에서 추적 할 부분을 템플릿 영역으로 지정한다. 그리고 추적 할 현재 프레임과 비교를 하는데 현재 프레임의 모든 영역과 비교하는 것이 아니라 템플릿 영역 크기의 2배에 해당되는 영역 안에서 비교를 한다. 이는 인공지능체 삽입 수술시 사람의 동공은 큰 움직임이 없다는 사실에 기반을 둔 것이다. 템플릿 영역과 비교 할 영역의 상관계수를 구하여 가장 높은 값을 뽑아서

추적 된 지점으로 판단하고 영상이 끝날 때까지 반복한다.

템플릿 매칭은 실시간 추적에 있어 뛰어난 성능을 보인다. 하지만 템플릿 매칭만 사용하면 실제 수술 중에 외부 요인으로 인해 추적 지점을 벗어날 수가 있다. 그러므로 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법이 필요하다.

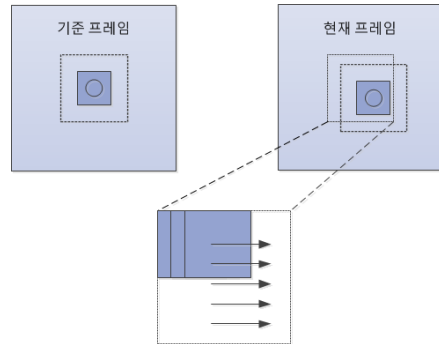


그림 3. 템플릿 매칭의 추적방법
 Fig. 3. Tracking method of template matching

III. 템플릿 매칭과 버퍼를 이용한 특징점 추적 방법

3장에서 인공지능체 삽입 시 안구 절개 부분 및 수정체 삽입 각도에 대해 이미지 프로세싱을 이용하여 수술 디스플레이 화면에 표시하고, 수술 중 지속적으로 표시영역을 추적하는 방법에 대해 알아본다.

인공지능체 삽입 위치에 해당하는 특징을 추적하는 것은 중요하다. 하지만 수술 중 안구에 분비물이나 세척을 위한 식염수, 수술도구에 의해 특징점 마크가 지워져서 정확한 삽입위치를 알기 어려운 경우가 발생한다. 그러므로 이런 상황을 극복하기 위해 버퍼를 이용하여 추적하려는 특징 영역을 능동적으로 저장하여 극복한다.

먼저 삽입을 할 특징영역에 이상이 생겼는지 판단하는 것에 대해 알아본다. 추적 대상이 되는 최초의 템플릿 영역을 지정하여 `template[]` 버퍼의 0번째 영역에 저장하여 추적을 한다. 이때 이 템플릿 영역과 입력 영상의 상관계수 값을 구하여 그 값(corr)이 임계값보다 크지 않을 경우에는 특징 점에 이상이 생겼다고 판단한다. 이 판단의 척도가 되는 임계값은 입력영상에 따라 달라질 수 있고 또한 상황에 따라 변경가능하다.

```

1 Initial variable
2 count, index = 0
3 template[index] -> template space
4 while(true)
5 {
6   if input frame(curframe) is not exist
7     then END
8   corr -> correlation template[index]
9   and curframe
10  if corr > threshold then
11  {
12    object tracking process
13    continue
14  }
15  if count==0 then
16  {
17    index = ++count
18    template[index] -> curframe
19    continue
20  }
21 }
22 i = 0
23 for(i=0; i<=count; i++)
24 {
25   corr -> correlation template[i] and curframe
26   if corr>threshold then
27   {
28     index=i
29     continue
30   }
31 }

```

그림 4. 제안한 방법의 의사 코드
Fig. 4. The pseudo code of propose method

그림 4는 제안한 방법의 의사 코드이다. 변수 `template[]` 는 템플릿 영역들이 저장되는 버퍼이고 `curframe` 는 입력영상이다. `index`는 입력 영상과 비교 기준이 되는 `template[]` 버퍼의 인덱스이고 `count`는 `template[]` 버퍼의 수이다. `corr`은 기준이 되는 템플릿 영역과 입력 영상과의 상관관계 값이며 `threshold`는 추적을 위한 임계값이다.

그림 5에서 제안한 방법의 순서도이다. 여기서 `template[]`는 변환된 템플릿 영역들의 정보를 저장한 것이며, `image`는 8bit 비트맵 이미지, `.pos`는 해당 이미지의 위치이다. `window`는 템플릿 영역과 비교를 할 윈도우의 영역이며 `coor`은 템플릿 영역과 현재 프레임의 윈도우 영역에서의 상관관계 값이다. `count`는 총 저장된 템플릿 영역들의 수이며 `index`는 비교 대상이 되는 템플릿 영역의 번호이다.

제안한 방법은 먼저 추적의 대상이 되는 최초의 템플릿 영역을 지정하여 `template[]` 버퍼의 0번째 영역에 저장하여 추적을 시작한다. 이 템플릿 영역과 입력 영상과 비교를 하여 `corr` 값이 임계치(`threshold`) 보다 크면 매칭이 되었다는 의미이므로 계속 반복하여 추적한다. 그러나 임계치보다 작은 경우는 다른 외부 요인에 의해 추적하는 영역의 이상이 발생했다고 판단하고 다음 절차를 따른다.

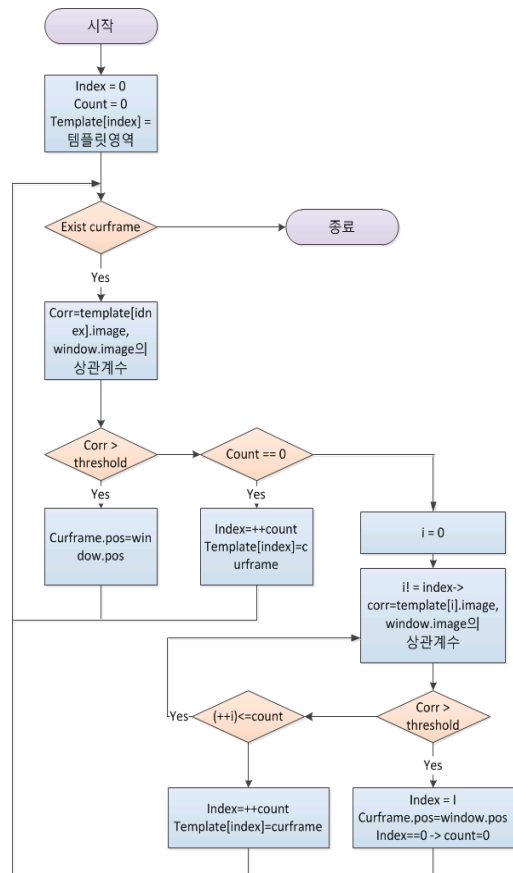


그림 5. 제안한 방법의 순서도
Fig. 5. The flowchart of proposed method

그리고 최초로 저장된 템플릿 영역 이외에 저장된 템플릿이 없는 경우에는 index 값을 하나 증가시키고 template[index]에 새로운 템플릿 영역을 저장하여 다시 추적을 시작한다. 만약 기존에 저장된 영역이라면 입력 영상과의 corr 값을 구하여 가장 큰 값을 선택하여 threshold 값보다 크면 해당 템플릿 영역을 기준으로 다시 추적을 시작하고 크지 않다면 index 값을 하나 증가시키고 template[index]에 새로운 템플릿 영역을 저장하여 다시 추적을 시작한다.

템플릿 영역이 저장되는 영역을 100으로 고정하고 버퍼가 꽉 차는 경우가 발생하면 사용된 빈도수가 가장 낮은 영역을 비우고 같은 시에는 가장 오래된 영역부터 비움으로 버퍼를 관리한다.

IV. 실험 및 결과

1. 실험 환경

제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 영상재생장치(DVIX)를 실험에서 이용하였다. 이는 동일한 실험영상에서 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 및 시간복잡도(Time Complexity)에 대한 정량적인 수치를 얻기 위해서이다.

실제 카메라를 통해서 입력되는 영상에 대한 시물레이션에 위해 소형 카메라를 사용했다. 그리고 캡처보드(Capture board)는 AVerMedia HD Capture Pro를 사용하였다. 영상재생장치에서 영상이 재생될 때 알고리즘을 구현한 프로그램에서 영상에 대한 정보를 받아야 하는데 이를 받기 위한 매개체이다. 영상재생장치에서 영상이 재생되면 한 프레임씩 캡처보드로 정보가 넘어가고 프로그램에서 다시 캡처보드가 보낸 영상정보를 받아서 작업을 하였다. 실제 의료영상장치는 1080iHD급 해상도를 지원하는데 이 캡처보드 또한 1080iHD급 영상처리가 가능하다. 영상재생장치는 FLAVO Utimatell을 사용하였다. 이 영상장치는 실제 수술실 환경과 최대한 비슷하게 개발환경을 만들기 위해 필요한 장치이다. 실제 수술실에서는 의료영상장치를 사용하며 이는 시중에 나오고 있는 1080iHD급 해상도의 출력이 가능한 영상재생장치랑 비슷하다. 따라서 이 영상재생장치로 수술실과 근접한 환경을 구성하여 실험을 하였고 실제로 수술실에서 적용을 하였을 때 도 큰 문제없이 진행되었다.

2. 실험 결과 및 분석

이 절에서는 템플링 매칭 방법과 제안한 방법의 실험한 결과를 기술한다. 기존 방법과 제안한 방법의 추적 성능을 평가하기 위해 템플릿 매칭만 사용한 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 비교한다. 비교적도로는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용한다.

PSNR은 서로 다른 두 영상에 대한 차이를 정량적으로 느끼고 알 수 있도록 나타내기 위한 값이며 단위는 dB이다. 보통 30dB를 넘으면 두 영상의 차이를 눈으로 구분할 수 없는 정도로 보며 수치가 낮을수록 두 영상의 차이가 많이 난다고 간주한다^[5]. 본 실험에 사용한 PSNR은 식은 다음과 같다.

$$MSB = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2 \quad (5)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX^2}{MSB} \right)$$

$$= 20 \log_{10} \left(\frac{MAX}{MSB} \right)$$

I는 입력영상(추적해야 할 삽입 영역)이고 K는 비교 영상(알고리즘에 의해 추적된 영상)이며 두 영상의 크기는 같아야 한다. 그리고 m과 n은 각각 영상의 최대 너비와 높이를 의미하여 MAX는 영상에서 표현할 수 있는 픽셀의 최고값을 나타낸다.

위 수식을 통하여 실제로 인공수정체 삽입수술을 녹화한 영상을 템플릿 매칭 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 50 프레임부터 350 프레임까지의 PSNR을 구하였다.

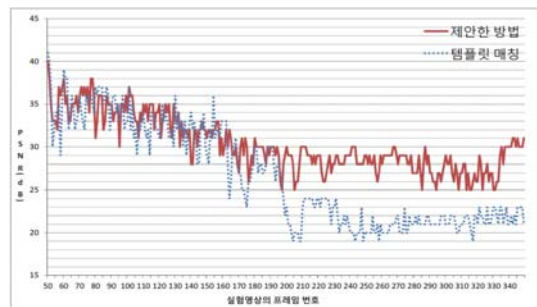
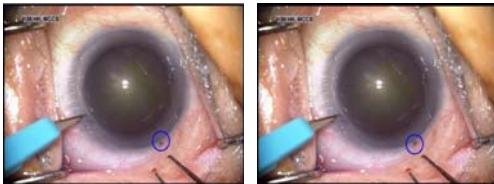


그림 6. 제안한 방법과 템플릿 매칭 방법과의 비교
 Fig. 6. Compare the proposed and template matching method

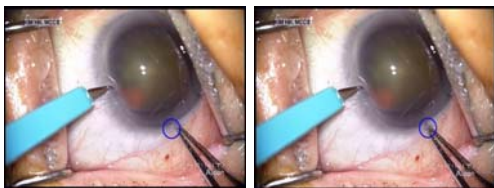
그림 6은 실험영상에 제안한 방법과 템플릿 매칭 방법을 사용하여 각각 인공수정체 삽입영역을 추적하여 나온 각 프레임의 PSNR을 나타낸 것이다. 실험영상의 50 프레임부터 추적할 삽입영역을 지정하여 350 프레임까지 템플릿 매칭과 제안한 방법으로 추적을 하였다. 추적영역의 변화가 적은 150 프레임까지는 두 가지 방법이 유사한 성능을 보였다. 그러나 150 프레임 이후 템플릿 매칭을 사용한 추적방법의 PSNR이 감소하는 현상을 보이면서 200 프레임 이후로는 완전히 벗어나는 현상을 보이는데 이는 추적영역에서 추적하는 위치에 변화가 발생하였기 때문이다.



(a) 템플릿 매칭 방법 적용 (b) 제안한 방법 적용

그림 7. 70번째 프레임
Fig. 7. 70th Frame

그림 7은 템플릿 매칭 방법과 제안한 방법의 적용했을 때 70번째 프레임이다. 70번째 프레임까지는 템플릿 매칭 방법과 제안한 방법 모두 특징을 잘 추적하는 것을 볼 수 있다.



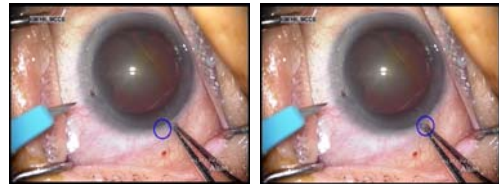
(a) 템플릿 매칭 방법 적용 (b) 제안한 방법 적용

그림 8. 200번째 프레임
Fig. 8. 200th Frame

그림 8에서 보듯이 수술 중 집게로 인해 특징점이 가려지면서 템플릿 매칭방법은 해당 특징 추적이 조금 홀려 지는 것을 볼 수 있으며 제안한 방법을 홀려짐 없이 추적하는 것을 볼 수 있다.

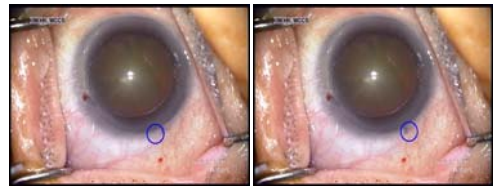
그림 9와 10은 각각 300번째 프레임과 350번째 프레임이다. 300번째 프레임부터 특징 추적대한 성능이 확연하게 차이남을 볼 수 있으며 350번째 프레임에서 확인할 수 있듯이 해당 특징 추적에 위치가 확연히 틀어진 것을 확인할 수 있다.

실험 결과에서 보듯이 템플릿 매칭은 150번째 프레임부터 성능이 떨어지는 것을 볼 수 확인할 수 있으며 제안한 방법은 수술 중 외부 요인에 큰 영향을 받지 않고 해당 특징영역 추적이 원활한 것을 볼 수 있다.



(a) 템플릿 매칭 방법 적용 (b) 제안한 방법 적용

그림 9. 300번째 프레임
Fig. 9. 300th Frame



(a) 템플릿 매칭 방법 적용 (b) 제안한 방법 적용

그림 10. 350번째 프레임
Fig. 10. 350th Frame

V. 결론

본 논문에서는 템플릿 매칭과 버퍼를 이용한 특징점 추적 방법을 제안하였다. 특징점 추적을 원활하게 함으로써 인공수정체 삽입시 오차를 줄일 수 있으며 안과 수술 전문성의 상황평준화와 그로 인한 수술시 오진의 감소로 인해 환자들에게 신뢰도가 향상될 것이다. 제안한 방법의 추적 성능은 실험 결과를 통해 제시하였다.

References

- [1] S. Beauchemin and J. Barron, "The Computation of Optical Flow," ACM Computing Surveys, vol. 27, no. 3, pp. 433-467, Sep. 1995.
- [2] E. Mortense, H. Deng and L. Shapiro, "A SIFT Descriptor with Global Context," Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp.184-190, Oct. 2009.
- [3] H. Bay, T. Tuytelarrs and L. V. Gool, "Surf: Speeded up robust features," European Conference on Computer Vision, vol. 3951, pp. 404-417, 2006
- [4] M. Hwangbo, J. Kim and T. Kanade, "Interial-Aided KLT Feature Tracking for a Moving Camera," International Conference on Intelligent Robots and Systems, Oct. 2009
- [5] C. C. Chen and H. T. Chu, "Similarity Measurement Between Images." 29th Annual International Computer Software and Applications Conference, vol. 1, pp. 41-42, 2005
- [6] S. Y. Jang, "Tracking Moving Objects Using the Movement of Background," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 5, No. 4, pp. 29-35, 2007
- [7] M. C. Jung, "Machine-printed Numeral Recognition using Weighted Template Matching," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 10, No. 3, pp. 554-559, 2009.

안 철 응(정회원)



- 1993년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 1995년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2009년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2001년 ~ 현재 : 계명문화대학교 디지털콘텐츠학부 교수

<주관심분야 : 멀티미디어, 멀티미디어통신, 이미지 처리, 이미지 검색, 빅데이터 처리>

전 재 현(준회원)



- 2009년 : 대구가톨릭대학교 전자공학과 (공학사)
- 2011년 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (석사)
- 2011년 ~ 현재 : 경북대학교 컴퓨터학부 박사과정

<주관심분야 : 트래픽 분류, 디도스 공격 탐지, H.264/AVC, H.265, 멀티미디어>

저자 소개

조 정 현(정회원)



- 1988년 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2005년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- ~ 현재 : 영남이공대학교 컴퓨터계열 교수

<주관심분야 : 영상처리, 네트워크>