

# SURF를 이용한 인공수정체 삽입영역 추적방법

길기범\*, 김민준\*, 박경석\*\*, 오현주\*, 김승호\*\*\*

\*경북대학교 전자전기컴퓨터학부

\*\*경북대학교 모바일통신공학과

\*\*\*경북대학교 컴퓨터학부

e-mail:(gbkil, mjkim, kspark, hjoh)@mmlab.knu.ac.kr, shkim@knu.ac.kr

## Tracking Method of Intraocular Lens Insertion Area by Using SURF

Gi-Beom Kil\*, Min-Jun Kim\*, Kyung-Seok Park\*\*,

Hyun-Ju Oh\*, Sung-Ho Kim\*\*\*

\*Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University

\*\*Dept. of Mobile communication engineering, Kyungpook National University

\*\*\*School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

백내장 수술에서 인공수정체 삽입영역을 표시하고 제어하는 것은 매우 중요하다. 수술시 발생하는 삽입영역 제어의 오차는 시력의 저하를 가져온다. 이를 위해 디지털 이미지 프로세싱을 이용한 많은 추적방법이 연구 중에 있다. 그 중에서 템플릿 매칭은 영상과 템플릿 영역의 상관관계만을 따지며 추적하기 때문에 추적 할 객체의 크기나 각도 그리고 배경의 변화가 발생하면 정확히 추적을 하지 못하는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 객체의 특징점을 이용하여 매칭시키는 방법인 SURF를 이용하여 해결하고자 한다.

### 1. 서론

최근 높은 고령화로 인해 노년층의 인구가 급증함에 따라 백내장 수술은 많은 주목을 받고 있다. 백내장 수술은 현재까지도 많은 수술 방법이 연구 중에 있는데 이들 중 가장 많이 사용하는 수술 방법은 인공수정체를 이용한 방법이다.

인공수정체를 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 수술 중 눈에서 나오는 분비물이나 세척을 위한 식염수 등으로 인해 흐려지거나 최악의 경우 표시가 지워져서 정확한 삽입이 어려운 경우가 발생한다. 이런 문제를 해결하기 위하여 인공수정체 삽입을 할 때 절개부분 및 각도에 대해 직접적으로 표시하는 대신, 디지털 이미지 프로세싱을 이용한 많은 추적방법이 연구 중에 있다.

디지털 이미지를 이용한 객체 추적방법은 컴퓨터 비전 분야에서 활발하게 연구되는 주제 중 하나이다. 현재 사용되고 있는 객체 추적방법에는 템플릿 매칭 (Template Matching)[6], 옵티컬 플로우 (Optical Flow)[1], SIFT (Scale Invariant Feature Transform)[3], SURF (Speeded Up Robust Features)[4], KLT (Kanade Lucas Tomasi

Feature Tracker)[2] 등이 있다.

기존에 템플릿 매칭 방법을 이용한 인공수정체 삽입영역 추적방법은[8] 템플릿 영역과 입력영상과의 상관관계를 따지며 매칭하는 방식으로 객체의 크기나 각도 그리고 배경의 변화가 없는 경우 높은 정확도를 보여준다. 그러나 삽입영역의 크기나 각도 그리고 배경의 변화가 발생하는 경우 템플릿 영역과 입력영상과의 상관관계가 낮아져서 추적 할 영역을 이탈하는 경우가 발생 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 추적 할 객체의 특징점을 추출하여 객체의 특징점과 입력영상과의 특징점들을 매칭하여 추적하는 SURF를 이용한 인공수정체 삽입영역 추적방법을 제안한다. 이를 위해 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 템플릿 매칭 방법과 SURF의 특징점 추출방법에 대해서 소개한다. 3장에서는 SURF를 이용한 인공수정체 삽입영역 추적방법에 대해서 제안한다. 4장에서는 기존에 템플릿 매칭을 이용하여 제안한 인공수정체 삽입영역 추적방법과 본 논문에서 제안한 추적방법을 실험결과로 비교하고 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 도출한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 템플릿 매칭

템플릿 매칭은 추적하고자 하는 객체 영역의 이미지를 템플릿으로 지정하여 입력영상과의 상관관계와 임계값을 비교를 하며 객체를 추적하는 방법이다[6]. 계산 방법에 따라 제공차 매칭 방법, 상관관계 매칭 방법 그리고 상관 계수 매칭 방법의 3가지 방법이 존재하는데 현재 영상 처리 분야에서 가장 많이 사용하는 방법은 상관계수 매칭 방법이다. 이는 템플릿과 입력영상 각각의 평균을 고려한 매칭 방법이며 수식 (1)과 같다.

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} [T'(x', y') \cdot I'(x+x', y+y')]}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x+x', y+y')^2}} \quad (1)$$

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

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

입력영상의 너비를 W, 높이를 H 그리고 템플릿의 너비를 w, 높이를 h라고 했을 때 x는 1~W, y는 1~H, x'와 x''는 1~w, y'와 y''는 1~h의 값을 가지게 된다. 그래서 T'(x', y')는 템플릿 T의 (x', y') 위치 픽셀과 템플릿 T의 평균 픽셀의 차를 나타내고 I'(x+x', y+y')는 입력영상의 I의 (x+x', y+y') 위치 픽셀과 입력영상 I의 평균 픽셀의 차를 나타낸다. 이렇게 계산된 R(x, y)를 수식 (2)와 같이 정규화 할 수 있다.

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

R(x, y)의 값이 1에 근접할수록 템플릿과 연관성이 많은 영상이고 전혀 연관성이 없는 영상이면 0을 반환하게 되며 부적상관 (negative correlation)이 높을 경우 -1을 반환하게 된다.

### 2.2 SURF

앞에서 설명한 템플릿 매칭과 달리 SURF는 각 픽셀들의 상관관계를 따지며 비교하는 것이 아니라 비교할 영역의 지역적인 특징을 이용하여 객체를 추적하는 방법이다.

SURF는 원본영상에서 적분영상을 생성하고 생성된 적분영상을 헤이시안 검출기를 거쳐 특징점을 추출한다[5][7].

적분영상은 원점으로부터 각 픽셀의 위치까지 영역의 모든 픽셀 값들을 더한 영상이다. x, y 위치에서의 적분

영상값 I(x, y)는 수식 (3)과 같다.

$$I(x, y) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} X(i, j) \quad (3)$$

여기서 X(i, j)는 원본영상에서 (i, j) 위치의 픽셀 값을 의미한다. 그리고 헤이시안 검출기는 수식 (4)에 정의된 헤이시안 행렬식에 기반을 둔다.

$$H(x, y, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, y, \sigma) & L_{xy}(x, y, \sigma) \\ L_{xy}(x, y, \sigma) & L_{yy}(x, y, \sigma) \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서  $L_{xx}(x, y, \sigma)$ 는 (x, y) 위치의 입력영상과  $\sigma$ 의 분산을 갖는 가우시안의 x방향 2차 미분 값인  $\partial g(\sigma) / \partial x^2$  과의 회선 (convolution) 값을 나타낸다. 또한  $L_{xy}(x, y, \sigma)$  과  $L_{yy}(x, y, \sigma)$  값은 각각 xy방향으로의 미분값, y방향으로 2차 미분된 가우시안 필터와 회선 값을 나타낸다[4].

인공 수정체 삽입 수술에서 템플릿 매칭은 쉽고 간단한 알고리즘을 가지고 있으면서도 영역의 크기나 각도 그리고 배경의 변화가 거의 없을 경우 매우 정확한 실시간 추적이 가능 하나 삽입영역 위치의 크기나 각도의 변화가 발생하였을 때 템플릿 매칭으로는 이런 변화에 삽입영역 추적을 정확하게 하지 못한다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 SURF를 이용한 인공수정체 삽입영역 추적방법은 제안한다.

### 3. SURF를 이용한 추적방법

본 논문에서는 지역적인 특징을 사용하여 삽입영역 위치의 크기나 각도의 변화가 발생하여도 객체를 추적할 수 있는 SURF를 인공수정체 삽입영역 추적을 할 수 있는 환경에 맞게 변형하여 사용하였다.

제안한 방법을 소개하기에 앞서서 본 논문의 추적방법은 인공수정체 삽입영역이 항상 사람 눈의 공막과 동공의 사이에 위치한다고 가정한다. 그리고 본 논문의 실험영상들은 실제 백내장 수술 장면을 녹화한 영상에서 캡처한 것이다. 그림 1은 인공수정체 삽입영역 부분을 SURF를 이용하여 특징점들을 추출 한 영상이다.



그림 1. 인공수정체 삽입영역

추출결과를 보면 특징점이 많이 나타나지 않는데 다른 부분의 삽입영역에서는 전혀 특징점이 추출되지 않는 경우도 발생하였다. 이를 해결하기 위하여 특징점이 잘 나타날 수 있도록 영상을 필터링 하였다.

공막은 흰색 계통이지만 핏줄로 인하여 붉은색 계통을 띠며 수술시 붉은색 계통이 두드러진다. 실험영상에서 동공과 공막의 픽셀을 RGB 색상으로 추출 한 결과 동공과 공막의 경계가 R값의 영향을 많이 받았다. 따라서 영상의 RGB 색상에서 R값만을 이용하여 필터링 하였으며 실험 결과 R값이 175이하일 경우 공막과 동공의 경계선이 가장 뚜렷하였다. 그림 2는 그림 1을 필터링 하여 특징점을 추출 한 영상이다.

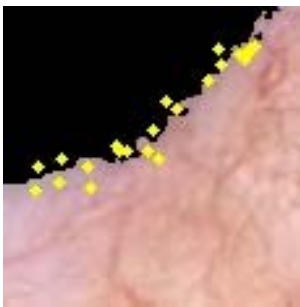


그림 2. 필터링 된 인공수정체 삽입영역

추출결과를 보면 필터링 된 영상이 더 많은 특징점들을 추출하는 것을 알 수 있다. 이렇게 추출 된 특징점을 이용하여 삽입영역의 추적을 시작한다.

그림 3은 특징점을 추출 할 영역에서 각각 추적 할 삽입 영역과 입력영상에서 비교 대상이 되는 영역을 나타낸 것이다.

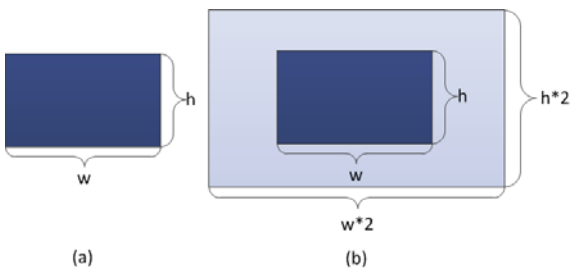


그림 3. 특징점을 추출 할 영역

(a) 추적 할 삽입 영역

(b) 입력영상에서 비교 대상이 되는 영역

추적 할 삽입 영역을 입력영상에서 선택을 하여 처음 한 번 특징점 추출을 하고 그 정보들을 저장하여 이후에 비교 대상이 되는 영역이랑 매칭 할 때 사용된다. 그리고 그림 3.(b)와 같이 추적 할 삽입 영역의 2배의 영역에서 특징점 추출을 하여 이미 특징점 추출이 된 그림 3.(a)와 매칭을 한다. 여기서 비교 대상이 되는 영역 그림 4를 보

면 추적 할 삽입 영역의 2배만을 사용하는데 이는 특징점 추출과 매칭의 시간을 줄이기 위함이며 사람의 동공은 눈 위치를 벗어나지 않는다는 사실에 기반을 둔다.

이렇게 계산된 특징점들은 SURF의 특징점 매칭방법에 의해 매칭이 되고 각 매칭된 특징점들의 거리의 차에 의하여 추적이 완료되었다고 판단 된 지점의 좌표가 생성되며 한 프레임에 대한 추적이 완료된다[4].

#### 4. 실험결과 및 비교

제안한 방법의 추적성능을 평가하기위해 템플릿 매칭을 사용한 인공수정체 삽입영역 추적방법과 비교를 하였고 비교적도로 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 그림 4는 템플릿 매칭과 제안한 방법을 사용하여 인공수정체 삽입영역을 추적하여 나온 프레임별 PSNR을 나타낸 것이다.

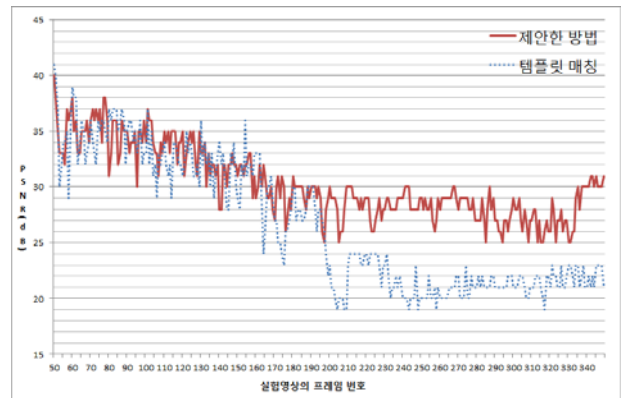


그림 4. 각 프레임별 PSNR

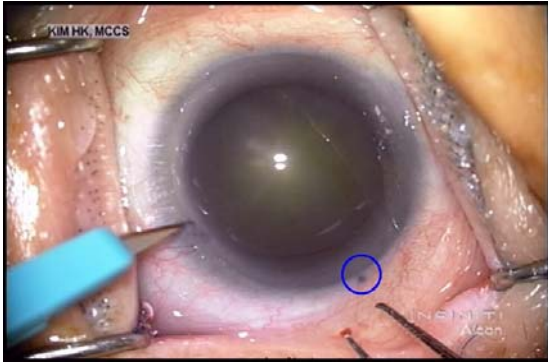
실험영상의 50프레임부터 추적 할 삽입영역을 지정하여 350프레임까지 템플릿 매칭과 제안한 방법으로 추적을 하였다. 추적영역의 변화가 적은 150프레임까지는 두 가지 방법이 유사한 성능을 보였다. 그러나 150프레임 이후 템플릿 매칭을 사용한 추적방법의 PSNR이 계속 감소하는 현상이 보이는데 이는 추적영역의 배경에 변화가 발생하였기 때문이다.

그림 5는 70프레임 일 때 추적모습이다. 그림 4의 PSNR로도 알 수 있듯이 추적영역의 배경에 변화가 없어 두 방법 모두 큰 이탈 없이 추적을 했다.

그림 6은 150프레임 일 때 추적 모습이다. 템플릿 매칭을 사용하였을 경우 추적이 잘못 되어 이탈한 모습을 볼 수 있었다. 그림 4의 템플릿 매칭을 사용하여 나온 PSNR을 분석하면 150프레임부터 PSNR이 점점 감소하여 200프레임 이후로는 완전히 추적영역을 이탈하였다. 그러나 제안한 방법을 사용했을 경우 큰 이탈 없이 추적 할 수 있음을 알 수 있었다.



(a)

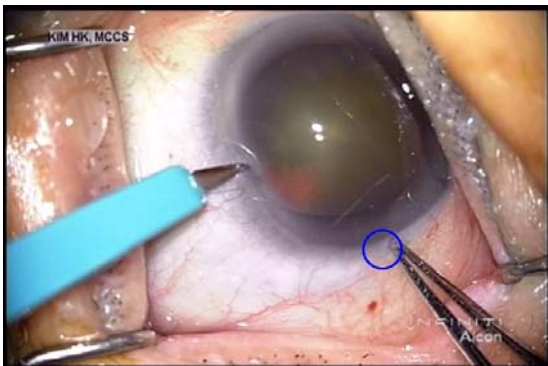


(b)

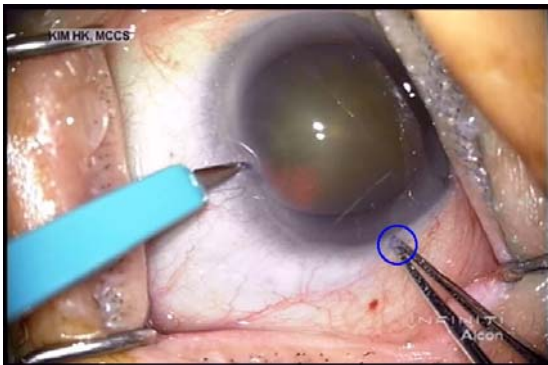
그림 5. 70프레임 영상

(a) 템플릿 매칭 사용

(b) 제안한 방법 사용



(a)



(b)

그림 6. 150프레임 영상

(a) 템플릿 매칭 사용

(b) 제안한 방법 사용

## 5. 결론

본 논문에서는 공막의 필터링을 통하여 특징점을 추출하여 SURF로 인공수정체 삽입영역 추적방법을 제안하였다. 필터링을 통하여 공막과 동공의 경계선을 뚜렷이 나타냄으로써 많은 특징점을 추출할 수 있었고 이를 통해 추적영역의 배경의 변화가 발생하여도 경계선의 특징점을 통하여 큰 이탈 없이 삽입영역을 추적할 수 있음을 보였다.

공막에는 많은 핏줄이 존재하며 이는 수술시 더 많은 두각을 나타낸다. 향후, 핏줄을 뚜렷이 나타내는 필터링을 통해 전처리 과정을 향상시켜 핏줄의 특징점을 추출해서 삽입영역을 추적하는 방법을 연구해 기존의 방법들과 비교해볼 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Steven Beauchemin, and John Barron, "The Computation of Optical Flow," ACM Computing Surveys, Vol. 27, No. 3, pp.433-467, September, 1995
- [2] Myung Hwangbo, Jun-Sik Kim, and Takeo Kanade, "Inertial-Aided KLT Feature Tracking for a Moving Camera," International Conference on Intelligent Robots and Systems, October, 2009
- [3] Eric Mortensen, Hongli Deng, and Linda Shapiro, "A SIFT Descriptor with Global Context," Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 1, pp. 184-190, June, 2005.
- [4] Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool, "Surf: Speeded up robust features," European Conference on Computer Vision, Vol. 3951, pp. 404-417, 2006.
- [5] Krystian Mikolajczyk, and Cordelia Schmid, "Scale & Affine Invariant Interest Point Detectors," International Journal of Computer Vision, Vol. 60, No. 1, pp. 63-86, January, 2004.
- [6] 이강호, 최우성, 이규원, "템플릿 매칭과 기울기 보정을 이용한 속도 표지판 인식," 한국정보처리학회 춘계학술 발표대회 논문집, 16권, 1호, pp. 82-85, April, 2009
- [7] 서동환, 구민석, 박진형, 정창성, "칼만필터와 SIFT를 이용한 고속 물체 추적," 한국인터넷정보학회 학술발표대회 논문집, pp. 757-761, June, 2010
- [8] 길기범, 김민준, 최용도, 조정현, 김승호 "인공수정체 삽입을 위한 적응형 추적 방법," 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, pp.122~125, February, 2011