

## 모바일 환경 응용을 위한 코너 특징점 기반의 회전 객체 검출

김대환<sup>0</sup>, 박금춘<sup>\*\*</sup>, 김신덕<sup>+</sup>

<sup>0\*\*+</sup> 연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail: {daehwan.kim}@yonsei.ac.kr<sup>0</sup>, kumcun@hotmail.com<sup>\*\*</sup>, sdkim@yonsei.ac.kr<sup>+</sup>

## Rotated object recognition based on corner feature points in mobile environment

Dae-Hwan Kim<sup>0</sup>, Jin-Chun Piao<sup>\*\*</sup>, Shin-Dug Kim<sup>+</sup>

<sup>0\*\*+</sup> Dept. of Computer Science, Yonsei University

### ● 요약 ●

최근 모바일 장치의 영상 데이터 처리 능력 확대와 더불어 사용자가 요구하는 다양한 영상 데이터의 효율적인 인식 기술 연구가 요구되어지고 있다. 모바일 환경은 고성능 PC 환경과 달리 저시양의 CPU와 메모리를 탑재하고 있어, 영상에서 원하는 객체를 인식하기 위한 기존의 방법론으로는 사용자 요구를 실시간으로 충족하기 어려운 부분이 존재한다. 이에 모바일 환경에 맞는 객체 인식 방법론의 개발이 요구된다. 모바일 환경에서 실시간으로 객체 인식을 하기 위하여, 본 논문에서는 객체 코너 정보를 이용한 Harris corner detector[1]로부터 객체의 특징점을 추출하고, 이를 바탕으로 하여 영상내의 객체 정보 인식 방법을 제안한다. 제안하는 방법에 의해, 입력 영상에서 객체의 코너 정보를 빠르게 추출, 기존 특징점과의 비교를 통하여 영상 내부의 객체 인식을 진행한다. 일반적으로, 회전된 특징점 객체의 정보는 객체의 회전 정도에 따라 코너 픽셀 색상 정보의 변화가 발생하게 된다. 특징점의 색상값은 객체의 회전 정도에 영향을 받아 주변의 픽셀값과 혼합되는 특성이 존재한다. 본 논문에서는 회전 변경된 픽셀 색상값의 영향을 분석하여, 회전된 객체의 특징점 추출 및 객체 검출에 반영하도록 하여, 영상 내부의 회전된 객체 검출의 수행에 효과적으로 이용될 수 있도록 한다. 특징점의 코너 정보를 이용하여 객체를 인식하는 것은, 객체의 인식률은 다소 감소하더라도 모바일 환경에서 계산량의 감소를 통한 실시간 활용이 가능하도록 한다. 이러한 특성은 저성능 CPU와 메모리에서도 회전된 객체의 인식을 수행할 수 있게 하는데 상당히 효과적이다.

키워드: 스마트폰(smart phone), 객체인식(object recognize), 코너검출(corner detect)

## I. 서론

디지털 미디어 장치 탑재된 모바일 장치 (Smart phone, PDA 등)의 급속한 보급으로 인한 사용 영역 확대와 더불어 다양한 영상의 해석 및 인식의 요구사항도 증가하고 있다. 이에 따라 증가하는 다양한 종류의 영상 데이터에 대한 효율적인 해석 및 인식에 대한 연구가 요구되고 있다. 특히 모바일 장치에서의 사물 인식을 위한 연구들은 CPU 성능과 메모리의 제한적인 성능으로 인하여 고사양의 PC 환경에서 수행되던 방식과 같이 객체 인식의 많은 계산량을 지원하지 못한다.

사용자가 휴대하는 모바일 환경에서 객체의 인식은 장치와 사용자에 의하여 인식하고자 하는 객체를 비추게 되는 각도의 변화가 일반적으로 발생하게 된다. 객체의 각도가 변경될 경우 특징점 정보가 변경될 수 있으며, 시간의 경과에 따라 객체의 각도, 축적

하는 객체는 일정한 각도의 변경이 항상 동반되므로 이에 따른 실시간 객체 인식이 필요하게 된다.

본 논문에서는 영상을 구성하는 여러 객체들에서 고유한 지역 특징점을 추출하고 각각의 특징점마다 부여된 의미적인 개념을 이용하여 해당 객체들을 인식함으로써 모바일 장치에서 영상 데이터들을 해석하고 인식하는 방법을 연구한다.

## II. 관련 연구

객체의 특징점을 이용한 기존 연구는 PC 환경과 같은 고성능 CPU 와 대용량의 메모리를 제공하는 환경에서 이루어져 왔다.

다양한 환경에서 지역적인 특징을 이용하여 대응점을 찾기 위해서 크게 특징점 추출과 기술어(descriptor) 생성의 두 가지 과정이 필요하다. 첫 번째 특징점 추출 과정은 영상에서 환경이 변하더라도 강인하게 찾아질 수 있는 특징의 위치를 찾는 것이다. 특징

· 본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 이공분야기초연구사업의 일환으로 수행함. [과제번호 2012R1A1A2043400]

+ 교신 저자

점은 대응되는 영상에서도 물리적으로 동일한 곳에 위치하여야 하며, 다른 영상에서 해당 특징점이 찾아질 확률 또한 높아야 한다. 두 번째 과정은 첫 번째 과정에서 찾은 특징점을 설명할 기술어를 만드는 과정이다. 기술어는 환경 변화에 불변하는 특징을 가져야 하며, 다른 특징점과 구분되어야 한다. 마지막으로 찾아진 특징점의 표현자를 비교하여 대응점을 찾을 때 속도를 향상시키기 위해 최소한의 데이터를 이용하여 기술어를 만들어야 한다. [2,3,4]

대표적으로 Harris corner detector에서는 객체가 가지고 있는 Corner 정보를 이용하는 방법을 제안하고, 이를 바탕으로 다양한 방법론들이 연구되기 시작했다.

Lowe의 스케일 불변 특징 변환(Scale Invariant Feature Transform; 이하 SIFT)[5]의 경우 크기와 회전에 불변하는 특징점을 객체로부터 추출하는 과정을 거쳐 인식하고자 하는 객체의 크기 변경 및 회전에 상관없이 항상 동일한 위치의 특징점을 인식하도록 연구되었다. 다만 특징점이 객체의 변화에 영향을 받지 않기 위하여 검출 및 비교에 많은 연산량을 요구하게 되어 실제 PC 환경에서도 실행 속도가 저하되는 현상이 나타난다.

속도 향상과 SIFT의 인식 능력에 유사한 Bay의 고속의 강인한 특징 추출(Speeded Up Robust Features; 이하 SURF)[6]의 경우 속도는 SIFT에 비하여 높아졌으나 모바일 환경에서 사용하기에는 여전히 인식 속도의 문제가 발생하고 있으며 이를 개선하기 위한 다양한 방법의 연구가 진행되고 있다.

위의 두 방법론은 객체의 변화에 상관없이 특징점을 추출하고 이를 비교함으로써 다양한 조건(스케일, 사이즈, 노이즈, 빛 등)에 영향을 받지 않고 객체를 안정적으로 인식할 수 있게 된다. 하지만 불변의 객체 특징점 도출을 위하여 많은 계산량을 요구하게 되어, 본 연구에서 적용하고자 하는 모바일 환경에서는 실시간 객체 인식에 제대로 활용하지 못한다.

이에, 위에 언급한 방법론의 단점을 극복하고 객체 인식의 속도를 향상하기 위하여 Konolige의 중심 돌레 극값을 이용한 실시간 특징점 검출 및 매칭 (Center surround extremas for realtime feature detection and matching; 이하 CenSurE)[7]를 이용한 STAR Feature Detector 와 Rosten의 기계 학습을 통한 고속 코너 검출 (Machine learning for high-speed corner detection; 이하 FAST) [8] 등의 방법론이 모바일 환경에 적용되고 있다. 객체의 검출 속도는 비약적으로 발전하였으나 특징점의 변형 및 배경에 영향을 받아 검출 성능이 저하 되는 현상이 발생한다.

### III. 본 론

#### 1 코너 기반 회전 객체 인식 방법

##### 1.1 시스템 구성

본 논문에서는 모바일 환경에서의 회전된 객체 인식을 위하여 객체 정보 중 코너 데이터를 이용하여 영상 내부의 회전된 객체를 추출하는 방법을 제안한다. 모바일 장치로부터 입력된 RGB 색상 값을 코너 데이터 검출을 위하여 그레이 색상 값으로 변환,

ShiTomasi function[10]을 이용하여 객체의 코너 데이터를 검출하는 3단계를 통해 특징점을 추출한다. 추출된 특징점의 위치 및 거리와 기술어를 계산하여 저장한다.

사용자는 모바일 장치 내부의 카메라를 이용하여 영상을 촬영하고, 촬영된 영상에서 객체를 인식하는 과정을 살펴보기로 한다. 아래 그림 1은 본 논문에서 제안하는 회전 객체 인식 방법에 대하여 기능적으로 도식화 한 것이다. 안드로이드 환경에서 제공하는 System I/O 와 오픈소스인 OpenCV[9]의 ShiTomasi function 과 Canny function[11]을 이용하여 객체에서 커너 및 에지 데이터를 추출 특징점 및 기술어로 사용하고 있다.

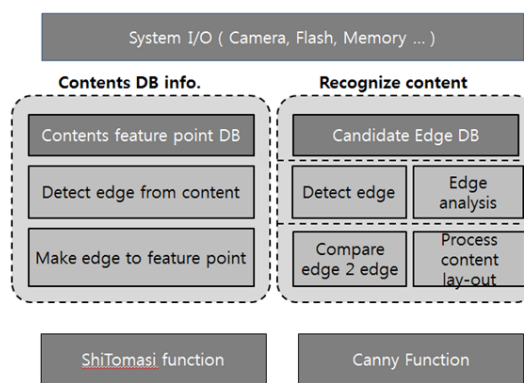


그림 1. 회전 객체 검출 시스템  
Fig. 1. Rotated object recognition system

##### 1.2 코너 데이터 검출

본 논문에서는 객체의 코너 데이터 검출을 위하여 사용된 ShiTomasi function은 식 (1)의 행렬을 사용한다.

$$M_h = \begin{bmatrix} \left(\frac{\delta I(x,y)}{\delta_x}\right)^2 & \left(\frac{\delta I(x,y)}{\delta_x}\right)\left(\frac{\delta I(x,y)}{\delta_y}\right) \\ \left(\frac{\delta I(x,y)}{\delta_x}\right)\left(\frac{\delta I(x,y)}{\delta_y}\right) & \left(\frac{\delta I(x,y)}{\delta_y}\right)^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

I(x,y) is the gray level intensity

만약 어느 임의의 점에서 행렬  $M_h$ 의 두 개의 고유 값 (eigenvalues)이 크다면, 임의의 방향을 갖는 작은 변화는 그레이 값의 변화로 나타날 것이다. 코너점의 경우 이런 변화가 평탄한 영역에 비해 크게 나타난다. 이러한 코너 응답 함수는 식(2)로 주어진다.

$$R = \det M_h - k(\text{trace } M_h)^2 \quad (2)$$

구해진 코너 응답 함수 R의 값은 영상의 모든 픽셀에 나타나게 된다. 아주 미세한 변화에 코너 응답 값이 존재하기 때문에 영상 전체에 threshold 을 조정하여 적절한 수치를 설정하게 된다.

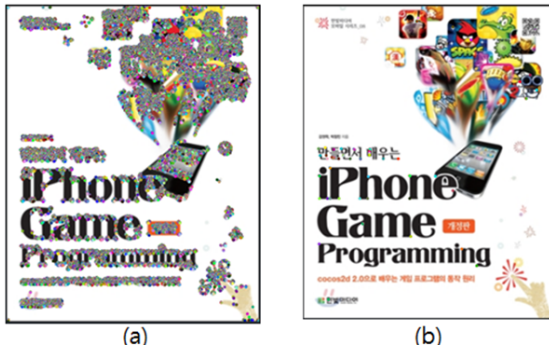


그림 2. (a) threshold = 1, (b) threshold = 60, threshold 값의 변화에 따른 객체 코너 정보 추출.

Fig. 2. (a) threshold = 1, (b) threshold = 60, object corner data get to follow threshold value.

### 1.3 코너 데이터를 이용한 객체 검출

객체 인식 과정은 사용자에게 의하여 인식될 객체를 사전 DB화 작업을 통하여 검출에 필요한 특징점과 에지 데이터의 선처리를 진행한다. 코너 데이터 추출은 RGB 색상의 이미지를 그레이 이미지로 변환하여 ShiTomasi function을 이용한다. ShiTomasi function으로부터 추출된 코너 정보와 주변 픽셀 정보를 배열에 저장하여 최종 객체의 특징점으로 사용할 예비 작업을 진행한다.

특징점은 객체의 상하좌우 코너, 주변 픽셀 정보 및 픽셀 값의 합, 코너 간의 거리를 가진다. 객체 내부의 사분면 정보에 존재하는 코너 데이터를 주 정보로 하여, 주변 픽셀 정보 및 거리를 부가 정보로 객체를 비교하게 된다. 그림 3은 객체 정보 생성흐름을 보여주고 있으며 이미지 입력 및 코너 데이터 추출, 특징점 후보군 구성, 객체 특징점 도출 및 DB 생성, 객체 특징점간의 거리 및 주변 픽셀 정보 4단계로 구성 된다.

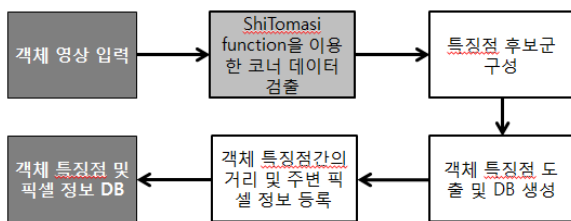


그림 3. 객체 특징점 생성 흐름도

Fig. 3. Creating object feature points flowchart

위의 흐름도를 통하여 객체의 특징점을 도출하여, 모바일 장치로부터 입력된 영상정보를 그림의 제안 방법으로 영상으로부터 특정 객체를 검출하게 된다. 영상으로부터 객체를 분리하기 위하여, 코너 정보 검출 및 비교, 에지 정보 검출 및 비교의 3단계로 나눌 수 있다.

## 2 실험 결과 및 분석

### 2.1 실험 내용

본 실험은 모바일과 PC환경에서 실험을 진행하였다. PC환경은 Intel Core i5 CPU 2.40 GHz와 RAM 3.0 GB 이다. OS는 Windows 7을 사용한다. 모바일 환경은 Qualcomm APQ8060를 사용하며 Core speed는 1.2 GHz이다. OS는 android 4.0.4 Ice Cream Sandwich를 사용한다.

실험에 사용된 데이터는 일상생활에서 얻을수 있는 데이터를 기반으로 실험하였다. PC기반에서 검출하고자 하는 영상을 30도 단위로 회전하여 평균 검출 시간과 검출 정확도를 측정하였다. SIFT와 SURF의 경우 OpenCV의 라이선스에 따라서 모바일 버전으로 제공이 되지 않아 PC 환경에서 검출 시간 및 정확도를 측정한다.

모바일 환경에서는 논문의 제안된 방법에 대하여 동일하게 객체 검출 실험을 진행하였다. 그림 4는 실험에 사용된 객체 회전각도 변화를 나타낸다.



그림 4 회전된 객체 영상

Fig. 4. Rotated object images

### 2.2 실험 결과

객체가 회전을 하게 되면 특징점의 변화가 발생하게 된다. 기존의 알고리즘은 속도(SIFT, SURF) 또는 인식률(STAR, FAST)등의 문제가 존재한다. 제안된 코너 기반의 회전 객체 인식 방법을 이용하여 여러 가지 객체에서 회전된 정보를 측정 결과는 아래 표 1과 같다.

표 1 회전 객체 인식 결과

Table 1. Rotated object recognition result

구분	평균 검출속도 (sec)	정인식	오인식	인식률
SIFT	1,50	48	0	100%
SURF	1,20	48	0	100%
FAST	1,40	35	13	85%
STAR	0,50	41	7	73%
OWN	0,20	46	2	96%

실험 결과 전체적인 인식률 96%을 나타내었으며 회전에 따른 결과가 인식에 영향을 미쳤다. 오인식 패턴을 분석한 결과 특정 각도에서 영상이 회전하면서 주변 픽셀의 영향으로 특징점의 변경이 발생하기 때문이다. 동일 객체가 회전을 하게 되면 코너 주변부의 픽셀값에 영향을 받아 코너의 색상값에 영향을 미치게 된다. 특히, 150°와 240°에서 픽셀 색상값의 변화가 많이 관찰되고 있다. 하지만 코너 정보를 특징점으로 이용하므로써 검출 속도에서의 향상이 이루어져 모바일 환경에서 사용이 가능하도록 하는 효과가 있었다.

#### IV. 결 론

이 연구는 모바일 환경에서 객체를 실시간으로 검출하는 것에 목적을 두고 연구하였다. 먼저 객체의 특징점을 찾아내어 객체 인식이 가능한 부분을 파악하고, 이를 모바일 환경에서 적용 가능하도록 실시간 객체 검출 및 인지하는데 중점을 두었다. 따라서 각 객체가 회전되어 발생하는 코너 색상 변경과 코너간의 정보를 이용하여 객체를 인식 가능하도록 하였다. 향후 과제로는 코너 색상값이 빛의 영향을 받아 색상값이 변화되는 현상에 대하여 객체 인식 방법을 보완하고자 한다.

#### 참고문헌

[1] Harris, C. and M. Stephens. "A combined corner and edge detector", Fourth Alvey Vision Conference, pages. 147-151, 1988.  
 [2] G. J. Burghouts, J. M. Geusebroek, "Performance evaluation of local colour invariants," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 113, no. 1, pages. 48-62, 2009.

[3] K. van de Sande, T. Gevers, C. Snoek, "A comparison of color features for visual concept classification," Conference On Image And Video Retrieval, pages. 141-150, 2008.  
 [4] K. Mikolajczyk and C. Schmid, "A performance evaluation of local descriptors," IEEE Transactionson Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.27, no. 10, pages. 1615-1630, 2005.  
 [5] D. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," Int'l J. Computer Vision ,Vol. 60, no. 2, pages. 91-110, 2004.  
 [6] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "Surf: Speeded up robust features," European Conferenceon Computer Vision, Vol. 3951, pages. 404-417, 2006.  
 [7] M. Agrawal, K. Konolige, M.R. Blas, "CenSurE: Center surround extremas for realtime feature detection and matching", Lecture Notes in Computer Science, vol. 5305, pages. 102-115, 2008.  
 [8] E. Rosten and T. Drummond. "Machine learning for high-speed corner detection", pages 430-443, Computer Vision - ECCV 2006.  
 [9] OpenCV, <http://www.opencv.org>  
 [10] Jianbo Shi and Carlo Tomasi. "Good Features to Track". IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 593-600, 1994.  
 [11] Canny, J., "A Computational Approach To Edge Detection", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6): pages 679-698, 1986.