

Edge 와 GHT 를 이용한 증거물 검색 시스템

황혜정*, 채옥삼**
경희대학교 공과대학 컴퓨터공학과

Evidence Retrieval System using Edge and Generalized Hough Transform

HyeJeong Hwang*, OkSam Chae**
School of Electronics and Information
Kyung Hee Univ.
E-mail : *kellt@korea.com, **oschae@vision.khu.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose a method to search the evidence such as a knife found in the crime scene based on GHT from an image database. Such objects like knives are similar in shape. The proposed method utilizes the small shape differences among objects as much as possible to distinguish an object from similar shaped objects. It consists of the GHT based candidate generation and top-down candidate verification. For the fast generation of the candidate list, the GHT operation is performed in the down sampled edge list. The test results show that it can retrieve the correct object even with a part of object in reasonable time.

1. 서론

과학수사 방법에 있어서 범죄 사고시 확보된 증거물에 관련된 정보를 신속하게 파악하는 것은 범죄 수사에 있어서 중요한 작업에 속한다.[1] 범죄 현장에서 발견된 범죄도구의 정확한 출처의 파악도 그 중의 하나이다. 따라서 색이나 히스토그램과 같은 전역 정보나 모먼트와 같은 영역정보를 기반으로 하는 기존의 내용기반 검색 방법으로는 좋은 결과를 기대할 수 없다[2]

도검과 같이 범죄에 사용될 수 있는 도구의 신속한

검색에는 몇가지 문제가 있다. 첫째, 용도와 사용자의 기호에 따라서 다양한 종류가 생산되지만 형태는 대부분 유사하고 둘째, 검색될 증거물은 색이나 형태에 어느정도의 변화가 있을 수 있고 경우에 따라서는 일부분만 존재할 수 있다[1].

영상기반 검색에 관한 연구를 살펴보면, VisualSeek[3]은 색상정보를 사용하는 시스템으로서 색상 정보만을 사용할 경우 정확도가 떨어지는 것을 보완하기 위하여 먼저 색상정보를 이용하여 후보들을 추출하고 여기에 영역간의 공간적인 관계를 이용하여 최종 결정을 내리는 방안을 사용하였다. QVE[4] system 은 이미지로부터 추출한 외곽선 데이터를 그대로 특징 데이터로 사용하는 내용기반 검색 방법으로 작은 형태 변화도 감지할 수 있는 장점이 있다. 하지만 실제 질의 처리 과정에서 유사성을 검사하기 위해서는 데이터베이스에 저장된 각각의 이미지들에 대해 translation, scaling, rotating 과 같은 기하학적인 변환을 일일이 고려해야 한다는 문제점을 가지고 있다.

손으로 스케치된 패턴을 입력받아 윤곽선을 바탕으로 유사한 형태를 찾는 방안도 연구되고 있다. Del Bimbo[5]는 스케치된 패턴을 형태 변형(shape transformation)과 유사도 계산과정을 통해서 목표영상의 윤곽선과 정합함으로써 변형될 수 있는 패턴(deformable

pattern)의 검색을 가능하게 하였다. Tipwai[6]는 deformable pattern 검색에서 초기 후보선정을 위해서 수정된 GHT(Generalized Hough Transform)[7]을 이용한 방안을 제안하였다. 하지만 이들 방법은 실험적인 시도으로써 작은 차이를 이용하여 정확한 패턴을 검색하기 위한 방안으로는 적합하지 않다.

본 논문에서는 작은 형태정보의 차이를 감지할 수 있고 부분적인 입력패턴도 효과적으로 검색할 수 있는 GHT 을 기반으로하는 다단계검색방법을 제안한다. 찾고자 하는 패턴의 입력조건을 제한할 수 있다는 점과 패턴이 유사하여 패턴간의 차이를 최대한 활용해야 한다는 점을 고려하여 일반적인 GHT 의 패턴구별 능력을 최대화하면서 계산속도를 향상시킬 수 있는 검색방안을 제안한다.

2. 제안된 내용 기반 검색 시스템의 구조

제안된 증거물 검색시스템은 증거물의 생산자, 정확한 종류, 실제 사진 등과 함께 물체의 윤곽선을 인덱스로 DB 에 저장하고 있다. 검색될 증거물의 일부나 전부가 제시되면 이를 바탕으로 DB 에 저장된 물체 중에서 가장 유사한 것들을 검색하여 제시한다. 도검과 같이 유사한 형태를 갖는 종류의 물체를 부분적인 패턴으로 검색하기 위해서 본 연구에서는 윤곽선과 GHT 를 기반으로 하는 정합방법을 채택하였다.

GHT 를 이용하여 크기와 방위가 다른 DB 에 저장된 여러 물체와 정합을 하기 위해서는 많은 계산량이 필요하다. 다행히 검색될 물체를 입력하는 환경을 어느 정도 제어할 수 있기 때문에 크기와 방위의 변화는 어느 정도 범위 내에서 조정할 수 있다. 그러나 DB 에 등록된 물체수가 많아질 때는 계산량이 과도해 진다. 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 그림 1 과 같이 가능한 여러 후보를 빠르게 선정하는 후보선정 과정과 선정된 후보를 좀더 자세하게 신뢰도를 계산하여 소수의 최종 후보를 결정하는 신뢰도 계산과정으로 구성된 검색 시스템을 제안한다. 후보선정을 위해서는 에지 리스트의 down sampling 을 통해 빠르게 계산 가능한 방안을 제안한다.

먼저 입력된 질의 영상을 에지검출과정을 거쳐서 참고데이터로 변환한다. Edge 검출 연산자로는 Canny Edge 검출 알고리즘을 사용하였다. 후보 선정을 위해서는 참고패턴을 저해상도로 변형하고 DB 에

저장된 에지리스트를 down sampling 하여 GHT 를 적용하는 효율적인 방안을 제안한다. 후보선정 과정에서는 가능성이 있는 후보 물체에 대한 대략의 위치, 방위, 크기 정보가 함께 결정된다. 최종후보 결정을 위해서는 대략적인 후보정보를 이용하여 최대 해상도의 에지정보에서 각 후보들의 신뢰도를 정확하게 계산할 수 있는 수정된 GHT 방안을 제안한다.

물체를 빠르게 검색하기 위해서 본 연구에서는 세그먼트 단위로 표현된 에지가 추출되어 리스트로 저장되어 있다. 이를 이용하여 후보선정과 다음으로 질의 대상이 되는 이미지들의 Edge List 가 저장되어 있는 데이터베이스로부터 초기후보를 선정한다. 초기 후보선정은 데이터베이스에 있는 Edge List 를 skipping 함으로서 resampling 하고, resampling 된 크기로 accumulator 를 생성한다. 그리고 참고패턴과 resampling 된 Edge List 에 GHT 를 적용함으로써 초기후보를 선정한다

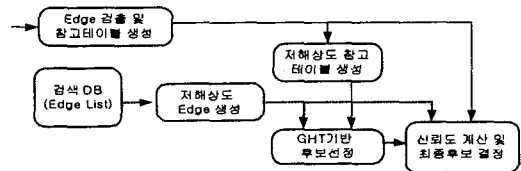


그림 1. 제안된 내용기반검색 시스템의 구조

3. Edge List 의 resampling 을 이용한 검색

3.1 참고 패턴 생성

질의 영상에서 추출된 에지는 리스트로 표현된다. 참고패턴생성을 위해서는 물체의 중앙점을 참고점 ($R(X_r, Y_r)$)으로 정하고 에지리스트 상의 각 점 ($E(x_i, y_i)$)에서 참고점을 가리키는 벡터를 구한다. 참고패턴의 방위와 크기변환을 원활하게 하기 위하여 i 번째 에지화소와 참고점을 연결하는 벡터는 r_i / α_i 로 표현되어 저장된다.

3.2 저해상도 참고패턴 생성

전체적인 형태를 빠르게 검색하기 위해서는 피라미드 영상이 자주 사용된다. 즉 고해상도 영상을 저해상도 영상으로 단계적으로 down sampling 하여 에지를 검출하고 상위(저해상도) 영상에서 물체의 후보를

찾아서 아래로 내려가면서 보다 정확한 정합을 수행한다. 본 연구에서는 DB 에 이미 물체의 에지가 인덱스로 저장되어 있는 것을 전제로 하고 있다. 빠른 후보 검색을 위해서 영상을 down sampling 하는 대신에 참고패턴을 저해상도 패턴으로 변형하고 이를 같은 비율로 down sampling 된 물체의 에지 리스트에 적용하는 방안을 채택하였다. n 배 축소된 참고패턴은 다음과 같이 생성된다.

- 참고 테이블(Rtab)의 인덱스를 (n-1)씩 건너 뛰어 (d_x, d_y)를 다음과 같이 계산한다.

$$d_x = r_i * \text{Cos} \alpha_i / n, \quad d_y = r_i * \text{Sin} \alpha_i / n$$

- (d_x, d_y)를 새 참고테이블(nRtab)에 추가한다. 이때 벡터 (d_x, d_y)가 이미 존재하면 무시한다.

참고테이블에 저장된 에지화소들이 세그먼트 단위로 연속적으로 저장된 경우에는 영상을 축소해서 얻는 것과 유사한 결과를 생성함을 볼 수 있다. 계산측면에서는 영상을 축소해서 얻는 것에 비해 계산량이 극히 작다.

3.3 GHT 기반 후보 선정

방위와 크기의 변화를 감안하면서 빠르게 패턴을 검색하기 위해서는 검색공간을 축소하는 것이 필요하다. DB 에 저장된 물체의 에지는 세그먼트 단위로 추출되어 저장되어 있다는 것을 감안하여 그림 2 와 같은 GHT 기반 후보 선정방안을 제안한다.

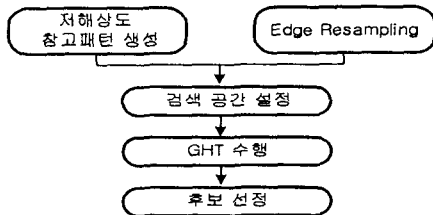


그림 2. edge resampling 과 GHT 를 이용한 후보생성

에지 Resampling 과 허프변환

Edge down sampling 과정에서는 저해상도 참고패턴 생성과 같은 방법이 사용된다. 참고패턴 생성과정에서 n 배 축소할 때는 에지화소를 n 개씩 건너 뛰어서 sampling 한 것과 마찬가지로 허프 변환될 에지화소를 선택한다. 이 경우도 영상을 down sampling 하여 에지검출을 한것과 정확하게 일치하지는 않지만 저장된 에지화소가 세그먼트 단위로 순서대로 저장되어 있기

때문에 근사한 효과를 나타낸다. 하지만 영상을 축소하여 에지를 생성하는 것에 비해 계산량은 무시될 수 있을 만큼 작다.

크기와 방위의 변화를 고려할 경우, 허프공간(Hough space 또는 accumulator)은 4 차원이 된다. 방위와 크기가 어느 정도 한정되는 입력환경을 고려해도 계산량은 과다하다. 계산량을 줄이기 위해서는 허프공간을 최소화할 필요가 있다. 참고패턴과 에지리스트를 down sampling 함으로서 허프공간을 줄일 수 있다. 허프공간을 더욱 줄이면서 에지에 포함된 에러를 극복하기 위하여 허프 변환시 하나의 accumulator cell 대신 주위의 3x3 영역을 증가시킨다. 허프 변환은 다음과 같이 수행된다. 선택된 에지화소가 (x,y)이고 참고 테이블의 벡터가 (d_x, d_y)이라면 이 벡터에 대해서 n 배 축소된 변환은 다음과 같이 수행된다.

- Accumulator Cell의 위치(X,Y)계산
 $X = x/n + d_x, Y = y/n + d_y$
- (X,Y)의 Cell을 1씩 증가

계산량 분석

이 경우 크기가 r 인 벡터의 끝에서 한 화소 이내에서 정합이 이루어지기 위한 허프공간의 회전각축과 배율축의 sampling 간격은 3n 배 증가되어 계산량이 그만큼 줄어든다. 또한 질의 영상과 물체 영상을 각 n 배 축소하면 크기와 방위가 고정되었을 때 변환을 수행하는 횟수도 n^2 배 감소한다. 전체적으로 n 배 축소시키면 계산량은 $3n^3$ 배가 감소한다고 볼 수 있다.

후보선정은 Accumulator 배열에서 정점을 검출하여 이루어진다. 즉 정점을 검출하여 Accumulator cell 에 누적된 정점값 순으로 정렬하여 처음 10 개를 초기 후보로 선정한다. 정점검출에서는 끝부분이 평평한 정점이 누락되는 것을 막기 위하여 Watershed 기법을 이용한 정점검출 방안을 채택하였다. 선정된 정점은 후보물체의 ID 와 정합된 근사적인 위치, 배율, 방위 정보를 제공한다.

수정된 GHT 를 이용한 신뢰도 계산

후보생성에는 질의 영상과 DB 의 물체영상 중 일부 에지만을 사용하였다. 또한 축소된 검색공간을 사용하여 결정된 위치, 크기, 배율에는 허프공간의 sampling 간격만큼의 오류가 존재한다. 신뢰도 계산과정에서는 축소된 허프공간의 후보가 발생한

cell 을 최대 해상도로 재분할하고 질의 영상과 물체 영상의 모든 화소를 이용하여 허프변환을 수행한다. 하지만 모든 에지화소에 대해서 허프변환을 수행하는 것은 축소된 허프공간의 이점을 살릴 수 없다. 따라서 본 연구에서는 Accumulator Cell 단위로 누적값을 계산하는 방안을 사용하였다. 즉 각 cell 의 위치를 참고점으로 놓고 윤곽선을 추적하면서 에지화소수를 세는 방안으로 참고패턴을 사용하였다. 결정될 cell 수가 C 이고 참고패턴수의 화소수가 M 일 때, 계산량은 CM 에 비례한다.

각 후보별로 위와 같은 방법으로 허프변환을 수행한 다음 최대값을 찾아서 새로운 신뢰도로 등록하고 신뢰도 순으로 5 개를 최종 후보로 선택한다.

4. 결과 및 분석

본 연구에서는 증거물 중에서 형태가 비슷하여 구별이 어려운 도검을 대상으로 테스트하였다.

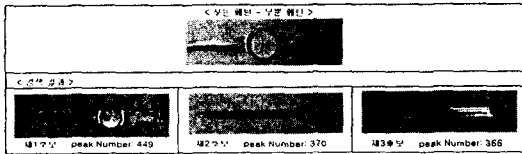


그림 3. 찾고자 하는 형태의 부분패턴으로 검색한 결과

그림 3 은 가장 유사한 패턴을 가진 봉투개봉칼을 검색한 결과이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 형태가 거의 같지만 질의영상의 물체를 제 1 후보로 유사 물체를 제 2 후보로 선택함을 볼 수 있다.

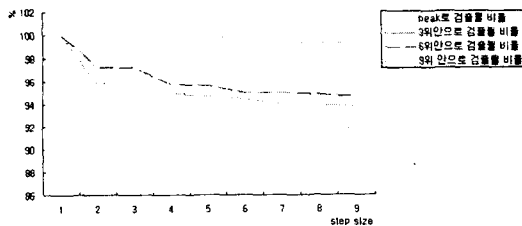


그림 4 검색율 테스트 결과

그림 4 에 제시된 그래프는 16 개 도검을 대상으로 down sampling 의 steps size n 을 1~9 로 두고 검색율을 테스트 했을 때의 결과이다. 그래프를 통해서 step size 를 9 로 했을 경우에도 질의 영상을 제 1 후보로 선택하는 확률이 99.25%, 3 개안에 드는 확률이

94.6%으로 비교적 좋은 결과를 나타남을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 범퍼현장에서 전체 또는 일부가 발견되는 증거물을 신속하게 검색하여 증거물의 ID, 생산자, 특징, 원영상 등을 제공할 수 있는 방안을 연구하였다. 여러 물체 중에서 형태가 비슷하여 구별이 어려운 도검을 대상으로 채택하여 시스템을 구성하였다. 한정된 평가자료를 사용한 평가결과이지만 실제 환경에서 응용 가능성을 보여주었다. 실제 상황에서 활용 가능하기 위해서는 물체의 에지 중에서 구별 능력이 우수한 부분 에지를 선정하여 이것을 바탕으로 하는 보다 빠르고 정확한 정합방법을 연구할 필요가 있다.

[참고문헌]

- [1] 김혜진, “도청 감청으로 수집한 증거의 증거능력”, 부산: 부산대 대학원, 2002.02.
- [2] W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D. Petkovic, P. Yanker, C. Faloutsos and G. Taubin, “The QBIC Project: Querying Image by Content using Color, Texture, and Shape,” Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases, February 1993, pages 173-187.
- [3] J. R. Smith and S.-F. Chang, “VisualSEEK: A Fully Automated Content-based Image Query System,” ACM Multimedia 96, Boston, MA, 1996.
- [4] K. Hirata and T. Kato. Query by visual example-content based image retrieval. Advances in Database Technology(EDBT’ 92), 1992, pages 56-71.
- [5] A. Del Bimbo and P. Pala, “Image Retrieval by Elastic Matching of User Sketches,” IEEE Trans PAMI, 19(2), 1997, pages 121-132.
- [6] Tipwai, P. and Madarasmi, S., “Image Search Using Deformable Contours”, Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference on , Volume: 1 , 22-25 Sept. 2002 , Page(s): 1-437 -1-440 vol.1
- [7] D. H. Ballard, “Generalizing the Hough Transform to detect arbitrary shapes.”, Pattern Recognition, Vol. 13, No. 2, 1981, pages. 111-122.