

## 다중 해상도 에지 정합을 이용한 임의물체 검색 시스템의 설계 및 구현

이강호\*, 안용학\*\*

### A Design and Implementation of Arbitrary Retrieval System Using Multi-resolution Edge Matching

Kang-ho Lee\*, Yonghak-Ahn\*\*

#### 요약

본 논문에서는 작은 형태정보의 차이를 감지할 수 있고 부분적인 입력 패턴도 효과적으로 검색할 수 있는 윤곽선 정보를 기반으로 하는 GHT와 다중 해상도 검색 방법을 제안한다. 제안된 방법은 부분적인 에지 정보를 효율적으로 사용할 수 있고 작은 형태변화를 구분할 수 있어서 도검과 같은 유사한 물체를 효과적으로 구분할 수 있다. 또한, 에지 리스트를 이용한 다중 해상도 에지 생성과 계층적인 패턴 정합을 통해서 신속하고 정확한 검색을 가능하게 한다. 실험 결과, 제안된 방법은 도검과 같은 임의 물체에 대해 높은 검색율을 보였다.

#### Abstract

In this paper, we proposed multi-resolution search method based on edge information that can be search a partial input pattern and detect a difference of minute shape information in effectively. 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. The test results show that it can retrieve the correct object even with a part of object in reasonable time.

▶ Keyword : 임의물체 검출(Arbitrary object detection), 다중해상도 에지 정합(multi-resolution edge matching), GHT(General Hough Transform)

• 제1저자 : 이강호

• 접수일 : 2004.08.28, 심사완료일 : 2004.09.13

\* 국립한국재활복지대학 정보보안과 교수

\*\* 동양공업전문대학 전산정보학부 교수

## I. 서론

지금까지 영상에서 임의 물체를 검출하기 위한 다양한 방법들이 연구되어 왔다[1][2]. 그러나 색이나 히스토그램(histogram)과 같은 전역 정보나 모먼트(moment)와 같은 영역 정보를 기반으로 하는 기존의 내용기반 검색 방법으로는 도검과 같은 임의 물체에 대한 검색에서 좋은 결과를 얻기 어렵다[2][5].

임의 물체를 검색하기 위한 기존의 방법들에는 영상에서 색상정보를 이용하여 후보들을 추출하고 여기에 영역간의 공간적인 관계를 이용하여 최종 결정을 내리는 VisualSeek[6], 영상으로부터 추출한 에지 정보를 그대로 특징 정보로 이용하는 내용기반 검색 방법인 QVE system[7], 그리고 스케치된 형태를 형태 변형(shape transformation)과 유사도 계산과정을 통해 목표영상의 에지와 정합함으로써 해당 패턴을 검색하는 DelBimbo[3] 등이 있다.

그러나 VisualSeek 방법의 경우 영상에서 물체의 색상 정보를 이용하므로 정확성이 떨어지며, 이러한 문제점을 보완하기 위해 에지 정보를 이용하는 QVE system의 경우에는 실제 처리 과정에서 유사성을 검사하기 위해서는 데이터베이스에 저장된 각각의 영상들에 대해 변형(transformation), 크기(scaling), 회전(rotating)과 같은 기하학적인 변환을 일일이 고려해야 한다는 문제점을 가지고 있다. DelBimbo의 경우에는 스케치된 정보를 이용하기 때문에 작은 차이를 이용하는 정확한 패턴을 검색하는 방법으로는 적합하지 못하다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 작은 형태정보의 차이를 감지할 수 있고 부분적인 입력 패턴도 효과적으로 검색할 수 있는 GHT를 기반으로 하는 다중 해상도 에지 정합 방안을 제안한다. 제안된 방법은 찾고자 하는 패턴의 입력 조건을 제한할 수 있다는 점과 패턴이 유사하여 패턴간의 차이를 최대한 활용해야 한다는 점을 고려하여 패턴 구별 능력을 최대화하면서 계산 속도를 향상시킬 수 있는 검색 시스템이다.

## II. 검색 시스템의 설계 및 구현

제안된 검색 시스템은 임의 물체의 윤곽선을 인덱스(index)로 데이터베이스에 저장하고 있다. 검색될 물체의 일부나 전부가 제시되면 이를 바탕으로 데이터베이스에 저장된 물체 중에서 가장 유사한 것들을 검색하여 제시한다. 도검과 같이 유사한 형태를 갖는 종류의 물체를 부분적인 패턴으로 검색하기 위해서 본 연구에서는 에지 정보와 GHT(General Hough Transform)[9][10]를 기반으로 하는 정합 방법을 채택하였다.

GHT를 이용하여 크기와 방위가 다른 데이터베이스에 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 데이터베이스에 등록된 물체수가 많아질 때는 계산량이 그에 비례하여 많아진다. 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 그림 1과 같이 가능한 여러 후보를 빠르게 선정하는 후보선정 과정과 선정된 후보를 좀더 자세하게 신뢰도를 계산하여 소수의 최종 후보를 결정하는 신뢰도 계산과정으로 구성된 검색 시스템을 제안한다.

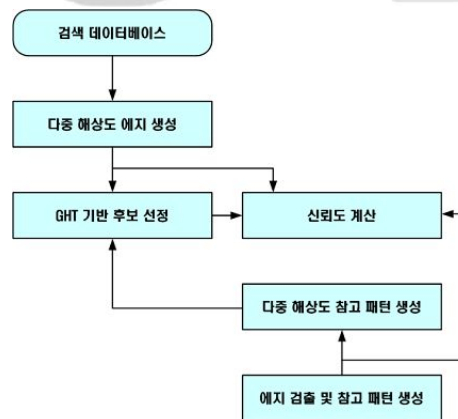


그림 1. 제안된 시스템 구조  
Fig. 1 The structure of proposed system

후보선정을 위해서는 에지 리스트의 다운 샘플링(down sampling)을 통해 빠르게 계산 가능한 방안을 제안한다.

먼저 입력된 질의(query) 영상을 에지 검출 과정을 거쳐서 참고 테이블(reference table)로 변환한다. 에지 검출 연산자로는 Canny Edge 검출 알고리즘[8]을 사용하였다. 후보 선정을 위해서는 참고 패턴을 저해상도로 변형하고 데이터베이스에 저장된 에지리스트를 다운 샘플링하여 GHT를 적용하는 효율적인 방안을 제안한다. 후보선정 과정에서는 가능성이 있는 후보 물체들에 대한 대략의 위치, 방위, 크기 정보가 함께 결정된다. 최종후보 결정을 위해서는 대략적인 후보 정보를 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 [11]. 이를 이용하여 후보선정과 다음으로 질의 대상이 되는 영상들의 에지 리스트가 저장되어 있는 데이터베이스로부터 초기후보를 선정한다. 초기 후보선정은 데이터베이스에 있는 에지 리스트를 스킵(skip)함으로써 리샘플링(resampling) 하고, 리샘플링된 크기로 누산기(accumulator)를 생성한다. 그리고 참고 패턴과 리샘플링된 에지 리스트에 GHT를 적용함으로써 초기 후보를 선정한다.

### III. 검색 방법

#### 3.1 참고 패턴 생성

참고 패턴은 참고 테이블 생성으로 이루어지는데, 참고 테이블은 벡터를 이용함으로써 2차원의 파라미터(parameter)만으로 표현이 가능하다. 참고 테이블 생성을 위해서는 그림 2와 같이 물체의 중앙점을 참고점 (refX, refY)으로 정하고 에지 리스트상의 모든 점  $E(X_i, Y_i)$ 에서 참고점을 가리키는 벡터를 구한다. 그리고 이 벡터를 이용하여 모든 에지 화소인  $E(X_i, Y_i)$ 에 대응하는 방위와 크기로 표현된 참고 테이블을 생성한다.

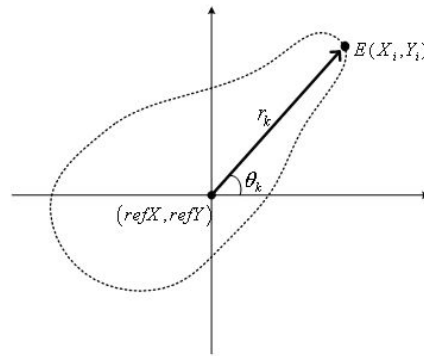


그림 2 기하학 처리를 위한 GHT  
Fig. 2 GHT for geometric processing

이는 질의 영상과 유사한 데이터를 데이터베이스로부터 검색할 때 방위와 크기가 다른 저해상도의 임시참고 패턴을 쉽게 계산하기 위해 사용된다. 또한 참고 패턴의 방위와 크기 변환을 원활하게 하기 위하여 다음 식 1과 같이  $i$ 번째 에지 화소와 참고점을 연결하는 벡터는  $r_i, \alpha_i$ 로 표현되어 저장된다.

$$\begin{aligned} \hat{v} &= (v_x, v_y) = (refX, refY) - E(X_i, Y_i) \\ \theta_k &= \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x} \quad r_k = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ Rtable &= \{(r_1, v_1), (r_2, v_2), \dots, (r_k, v_k)\} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

여기서  $Rtable$ 은 참고 테이블을 의미한다.

벡터의 사용은 기하학적인 변환에 무관한 검색을 가능하게 한다. 즉, 임의의 기준점인 참고점을 통해서 상대 좌표로 질의 영상의 에지 화소를 표현할 때, 이를 벡터를 이용하여 방위와 크기로 표현함으로써 단순히 방위값만을 증가시켜서 이미지의 회전을 쉽게 할 수 있다. 그리고 크기값의 변화를 통해서 질의 영상의 크기 변환(scaling)도 함께 고려할 수 있다.

#### 3.2 다중 해상도 참고 패턴 생성

전체적인 형태를 빠르게 검색하기 위해서는 피라미드 영상이 자주 사용된다. 즉 고해상도 영상을 저해상도 영상으로 단계적으로 다운 샘플링하여 에지를 검출하고 상위, 즉 저해상도 영상에서 물체의 후보를 찾아서 아래로 내려가면서 보다 정확한 정합을 수행한다.

본 연구에서는 데이터베이스에 이미 물체의 에지가 인덱스로 저장되어 있는 것을 전제로 하고 있다. 빠른 후보 검색을 위해서 영상을 다운 샘플링하는 대신에 참고 패턴을 저해상도 패턴으로 변형하고 이를 같은 비율로 다운 샘플링된 물체의 에지 리스트에 적용하는 방안을 채택하였다.

$m$ 배 만큼 다운 샘플링 하고자 할 경우 참고 테이블의 인덱스를  $(n-1)$ 씩 건너 뛰어  $(d_x, d_y)$ 를 다음 식 2와 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} d_x &= r_i \times \cos \alpha_i / n \\ d_y &= r_i \times \sin \alpha_i / n \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

그리고  $(d_x, d_y)$ 를 새 참고 테이블에 추가한다. 이때 벡터  $(d_x, d_y)$ 가 이미 존재하면 무시한다.

참고 테이블에 저장된 에지 화소들이 세그먼트 단위로 연속적으로 저장된 경우에는 영상을 축소해서 얻은 것과 유사한 결과를 생성함을 볼 수 있다. 계산적인 측면에서는 영상을 축소해서 얻는 것에 비해 계산량이 극히 작다.

### 3.3 다중 해상도의 에지 생성

GHT를 이용하여 질의 영상을 검색할 때 계산량은 방위와 스케일을 고려하지 않는다 하더라도 최소한 (에지 화소 개수  $\times$  shape의 화소 개수)에 비례한다. 따라서 검색 속도의 향상을 위한 전처리 단계로서 우선 데이터베이스로부터 읽어오는 데이터의 크기를 줄이는 방안을 채택하였다.

데이터베이스에 있는 데이터는 에지 리스트로 표현된 것이 아닌 원영상일 경우에는 영상을 줄일 경우 다시 원래의 해상도로 복구했을 때 보간법(interpolation) 문제도 고려해야 하며, 이는 검색 속도 저하 문제를 초래한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 데이터베이스나 입력 질의 영상 모두 영상 자체가 아닌 에지 정보를 사용하도록 전처리 과정을 거친다.

참고 테이블에 저장된 에지 화소들은 세그먼트 단위로 연속적으로 저장된 경우에는 영상을 축소해서 얻은 것과 유사한 결과를 생성한다. 계산적인 측면에서는 영상을 축소해서 얻는 것에 비해 계산량이 극히 작으므로 데이터 검색을 위해 데이터베이스에 있는 데이터를 하나씩 읽어올 때마다 저해상도의 임시 참고 테이블을 생성할 경우와 동일한 샘플링 크기(sampling size)로 다운 샘플링하여 저해상도의 에지를 생성한다.



(a) 고해상도 참고패턴



(b) 저해상도 참고패턴

그림 3. 다중 해상도 참고패턴  
Fig. 3 Multi-resolution reference pattern

(그림 3)은 고해상도의 원 참고 패턴과 축소된 참고 패턴을 보여주는 것으로 비교했을 때 큰 차이가 없음을 확인할 수 있으며, 다운 샘플링으로 이렇게 축소된 패턴이 생성될 수 있는 것은 자료구조를 적용함으로써 에지를 세그먼트 단위[11]로 표현하기 때문에 가능하다.

### 3.4 GHT기반 후보 선정

방위와 크기의 변화를 감안하면서 빠르게 패턴을 검색하기 위해서는 검색 공간을 축소하는 것이 필요하다. 데이터베이스에 저장된 물체의 에지는 세그먼트 단위로 추출되어 저장되어 있다는 것을 감안하여 (그림 4)와 같은 GHT 기반 후보 선정방안을 제안한다.

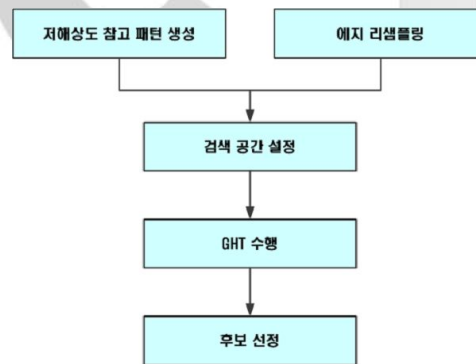


그림 4. 후보 선정 과정  
Fig. 4 Candidate select processing

에지 다운 샘플링 과정에서는 저해상도 참고 패턴 생성과 같은 방법이 사용된다. 참고 패턴 생성 과정에서  $m$ 배 축소할 때는 에지 화소를  $m$ 개씩 스킵하여 샘플링 한 것과 마찬가지로 허프 변환(hough transformation)될 에지 화소를

선택한다. 이 경우도 영상을 다운 샘플링하여 에지 검출을 수행한 것과 정확하게 일치하지는 않지만 저장된 에지 화소가 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 4차원이 된다. 방위와 크기가 어느 정도 한정되는 입력 환경을 고려해도 계산량은 과다하기 때문에 계산량을 줄이기 위해서는 허프 공간을 최소화할 필요가 있다. 참고 패턴과 에지 리스트를 다운 샘플링함으로써 허프 공간을 줄일 수 있다. 허프 공간을 더욱 줄이면서 에지에 포함된 에러를 극복하기 위하여 허프 변환시 하나의 누산기(accumulator cell) 대신 주위의 3×3 영역을 증가시킨다. 허프 변환은 선택된 에지화소가 (x,y)이고 참고 테이블의 벡터가 (d<sub>x</sub>,d<sub>y</sub>)라면 이 벡터에 대해서 n 배 축소된 변환은 다음 식 3과 같이 누산기의 위치 (X,Y)를 계산한다.

$$X = x/n + d_x \quad Y = y/n + d_y \dots\dots\dots (3)$$

여기서 (X,Y)의 셀(cell)은 1씩 증가한다.

이 경우 크기가 r인 벡터의 끝에서 한 화소 이내에서 정합이 이루어지기 위한 허프 공간의 회전각축과 배율축의 샘플링 간격은 3배 증가되어 계산량이 그만큼 줄어든다. 또한 질의 영상과 물체 영상을 각 m배 축소하면 크기와 방위가 고정되었을 때 변환을 수행하는 횟수도 n<sup>2</sup>배 감소한다. 전체적으로 m배 축소시키면 계산량은 3n<sup>3</sup> 배가 감소한다고 볼 수 있다.

후보선정은 누산기 배열에서 정점을 검출하여 이루어진다. 즉 정점을 검출하여 누산기에 누적된 정점값 순으로 정렬하여 처음 10개를 초기 후보로 선정한다. 정점검출에서는 끝부분이 평평한 정점이 누락되는 것을 막기 위하여 워터셰드(watershed) 기법을 이용한 정점 검출 방안을 채택하였다[12][13]. 선정된 정점은 후보물체의 ID와 정합된 근사적인 위치, 배율, 방위 정보를 제공한다.

### 3.5 신뢰도 계산

GHT 연산으로 인한 검색 속도 저하 문제를 해결하기 위해 다운 샘플링된 에지 리스트 영상의 사용은 속도 향상에는 좋은 결과를 보여주지만 다운 샘플링을 위해 사용된 샘플링 크기만큼의 에러가 발생되면서 검색의 정확도가 낮아

지는 결과를 초래하였다. 따라서 정확성 향상을 위해 초기 후보로 선정된 것을 바탕으로 신뢰도를 계산하여 다시 후보를 선정하는 방안을 제시한다.

최종 후보는 초기 후보로 검색된 결과를 바탕으로 선정된다. 따라서 검색 대상이 되는 데이터는 데이터베이스에 저장되어 있는 모든 데이터가 아닌 초기 후보로 선정된 데이터를 안에서 검색이 이루어지게 된다. 또한 초기 후보를 선정하면서 찾고자 하는 패턴의 대략적인 위치, 방위, 크기가 함께 결정되어 저장되므로 이 정보를 이용하여 검색 공간을 줄이는 것이 가능하다.

최종 후보 선정을 위한 검색 공간인 누산기의 크기는 샘플링 크기인 n×n이다. 이 검색 공간은 초기 후보를 선정할 때 결정된 위치정보를 중심으로 (그림 5)와 같이 설정된다.

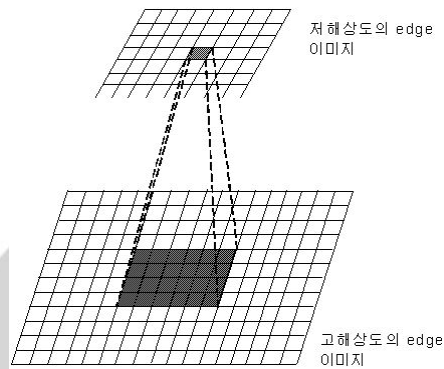


그림 5. 다중 해상도에서의 탐색 공간  
Fig. 5 Search area on multi-resolution

이는 다운 샘플링된 에지 리스트 영상의 (width/n)×(height/n) 크기가 검색공간이 되어 저해상도에서 고해상도로 계층적인 탐색을 수행함으로써 계산 속도를 향상시킨다.

본 논문에서는 GHT 연산시 발생하는 속도 저하 문제를 해결하기 위하여 다중 해상도 검색 방법을 제안한다. 다중 해상도 검색 방법의 사용은 다운 샘플링 한만큼 양자화 에러(quantize error)가 생기게 되어 검색을 수행할 때 정확도가 낮아지는 문제가 발생하게 되었다. 따라서 이 문제를 해결하기 위하여 수정된 GHT인 역GHT 알고리즘을 사용하여 보다 정확한 신뢰도를 재계산하여 최종 후보를 결정한다.

GHT는 다운 샘플링된 에지 영상에 대하여 모든 에지 화소 각각에 대응하여 패턴 매칭을 수행하였다. 그러나 역GHT는 검색 공간으로 설정된 위치에 대해서만 다음 그림 6과 같이 패턴 매칭을 수행한다.

초기 후보 선정시 결정된 대략적인 방향과 크기 정보를 이용하여 역GHT를 수행함으로써 최종 후보를 결정하며, GHT만을 수행하여 검색한 경우보다 정확도 측면에서 향상된 결과를 보여준다.

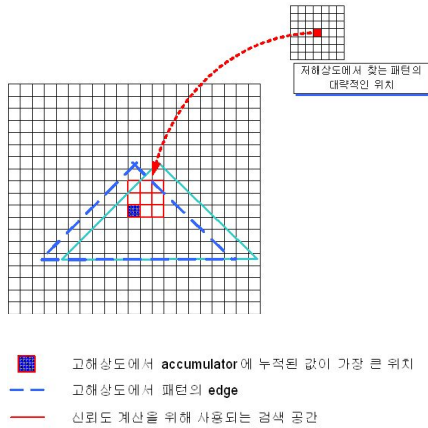


그림 6. 역GHT를 이용한 최종 후보 선정  
 Fig. 6 Final candidate select by reverse GHT

#### IV. 결과 및 분석

본 연구에서는 임의의 물체 검색을 위한 대상으로 형태가 비슷하여 구별이 어려운 도검을 대상으로 실험하였다.

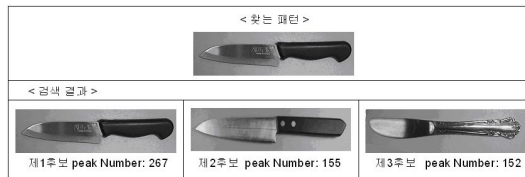
다음 (그림 7)은 가장 유사한 패턴을 가진 봉투개봉칼을 검색한 결과이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 형태가 거의 갖지만 질의 영상의 물체를 제 1후보로 유사 물체를 제 2후보로 선택함을 볼 수 있다.



그림 7. 임의의 물체 검색 결과  
 Fig. 7 The result of arbitrary object search

다음 (그림 8)의 (a)와 (b)는 샘플링 크기를 9로 했을 경우 질의 영상의 전체 패턴으로 검색한 결과와 부분 패턴

으로 검색한 결과이다. 후보 선정을 할 때 우선 순위는 누산기에 누적된 정점값(peak)이 가장 큰 순으로 결정된다. 따라서 데이터베이스로부터 검색되는 패턴이 입력 패턴과 유사도가 높을수록 정점값은 가장 큰 값을 갖게 되며 제시된 결과에서도 확인할 수 있듯이 찾는 영상과 동일한 영상이 제 1후보로 선정이 되었고 그 다음으로 유사한 영상들이 후보로 선정되었다. 또한 초기 후보를 선정할 때 정확히 찾지 못했던 것을 신뢰도 계산을 통해 올바르게 찾은 것을 확인할 수 있다. 부분 패턴을 질의 영상으로 입력했을 경우에도 전체 패턴을 입력 영상으로 이용했을 경우와 동일한 검색 결과를 보이는 것을 알 수 있다.



(a) 전체 패턴 검색 결과

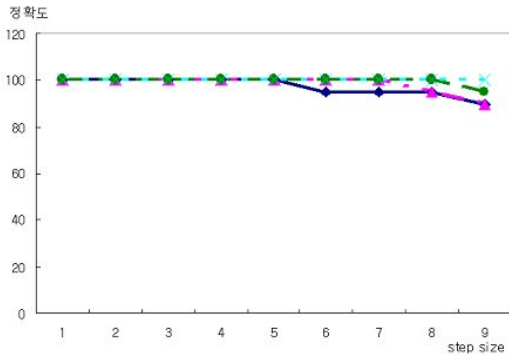


(b) 부분 패턴 검색 결과

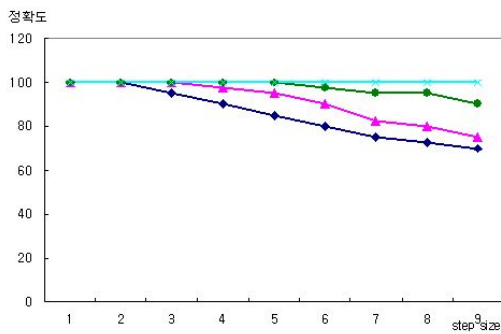
그림 8. 패턴 검색 결과  
 Fig. 8 The result of pattern matching

(그림 9)의 (a)와 (b)는 20개 도검을 대상으로 다운 샘플링의 스텝 크기(step size)  $m$ 을 1~9로 두고 검색을 찾고자 하는 패턴의 전체 패턴과 부분 패턴으로 각각 테스트했을 때의 최종 결과이다.

(그림 9)의 (a)와 (b) 그래프에서 가장 아래쪽에 있는 것이 실제 패턴이 1위로 검출될 비율이고, 제일 위가 후보 순위가 9위 안에 포함될 비율이다. (그림 9)의 (a)를 통해서 스텝 크기가 증가하면서 정확도는 떨어지는 것을 확인할 수 있다. (그림 9)의 결과 그래프에서 스텝 크기가 9일 때 정점값으로 검출될 확률이 신뢰도 계산 후 75%와 70%의 검색률로 비교적 좋은 검색 결과를 나타냄을 확인할 수 있다.



(a) 전체 패턴 검색 결과



(b) 부분 패턴 검색 결과

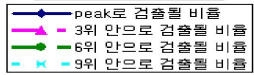


그림 9. 샘플링 스텝 크기에 따른 검색율 결과  
Fig. 9 The result of search rate on the sampling step size

여기서  $X$ 축은 샘플링 크기이고,  $Y$ 축은 정확도를 나타낸다.

결과는 샘플링 크기를 크게 하여 후보를 선정하고, 선정된 후보들에 대해서 신뢰도를 다시 계산하는 방법을 통해 정확도를 유지하면서 계산 속도를 향상시킬 수 있음을 보여준다. 또한 부분 패턴으로도 전체 패턴으로 검색한 결과와 유사한 결과를 보여줌을 확인할 수 있다.

## V. 결론

본 연구에서는 작은 형태정보의 차이를 감지할 수 있고 부분적인 입력 패턴도 효과적으로 검색할 수 있는 GHT를 기반으로 하는 다중 해상도 에지 정합 방안을 이용한 임의 물체 검색 시스템을 제안한다. 제안된 방법은 찾고자 하는 패턴의 입력 조건을 제한할 수 있으며 패턴 구별 능력을 최대화하면서 계산 속도를 향상시킬 수 있는 방안으로 유사 형태를 찾기 위해 GHT와 역GHT 연산을 적용하였다. 그리고 GHT의 비교적 많은 계산량 문제를 해결하기 위해 다운 샘플링된 에지 리스트 영상을 사용하고, 검색 공간을 줄이는 방안을 제안하였다. 한정된 평가 자료를 사용한 평가결과이지만 실제 환경에서의 응용 가능성을 보여주었다.

향후에는 물체의 에지 중에서 구별 능력이 우수한 부분 에지를 선정하여 이것을 바탕으로 하는 보다 빠르고 정확한 정합방법을 연구할 필요가 있다.

## 참고문헌

- [1] V. N. Gudivada and V. V. Raghavan, "Content ased Image Retrieval Systems", IEEE Computer, 28(9), 1995.
- [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] A. Del Bimbo and P. Pala, "Image Retrieval by Elastic Matching of User Sketches," IEEE Trans PAMI, 19(2), 1997, pages 121-132.

[4] 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): I-437 -I-440 vol.1

[5] Virginia E. Ogle and Michael Stonebraker., "Chabot: Retrieval from a Relational Database of image". IEEE computer, 28(9), 1995

[6] J. R. Smith and S.-F. Chang, "VisualSEEK: A Fully Automated Content-based Image Query System," ACM Multimedia 96, Boston, MA, 1996.

[7] K. Hirata and T. Kato. Query by visual example-content based image retrieval. Advances in Database Technology(EDBT'92), 1992, pages 56-71.

[8] J.Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on PAMI, 8-6, pp.679-698, 1986.

[9] D. H. Ballard, "Generalizing the Hough Transform to detect arbitrary shapes.", Pattern Recognition, Vol. 13, No. 2, 1981, pages. 111-122.

[10] I A vinoam Beinglass and Haim J. Wolfson, Computer Science Department Sackler Faculty of Exact Sciences Tel Aviv university Tel Aviv 69 978, ISRAEL, "articulated Object Recognition, or : How to Generalize the Generalized Hough Transform"

[11] 이강호, 안용학, 김학춘, "디지털 영상 처리를 위한 예지 클래스 설계", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 2004.

[12] Luc Vincent, Pierre Soille, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion simulations," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, No.6, pp.583-598, 1991

[13] Andre Bleau and L. Joshua Leon, "Watershed-Based Segmentation and Region Merging," Computer Vision and Image Understanding, Vol.77, pp.317-370, 2000

## 저자 소개



### 이 강 호

중앙대학교 전자공학과 졸업  
(공학석사)  
중앙대학교 전자공학과 졸업  
(공학박사)  
대덕대학 인터넷정보과 교수  
송호대학 멀티미디어과 교수  
현재 국립한국재활복지대학 정보보안과 교수  
현재 한국컴퓨터정보학회 부회장  
<관심분야> 정보보안, 디지털 영상 처리



### 안 용 학

경희대학교 전자계산공학과 졸업  
(공학석사)  
경희대학교 전자계산공학과  
(박사수료)  
한국통신정보기술 GIS 연구소 연구원  
송호대학 정보산업계열 교수  
현재 동양공업전문대학 전산정보학부 교수  
<관심분야> 멀티미디어, 디지털영상 처리, 웹기반기술