

# 모양 영상 검색을 위한 효율적인 색인구조와 검색방법

장용석, 김성재, 최병걸, 안철웅, 김승호  
경북대학교 컴퓨터공학과

## Efficient Index Structure and Search Method for Shape Image

Yong-Seok Chang, Seong-Jae Kim, Byung-Geol Choi, Cheol-Woong Ahn, Sung-Ho Kim  
Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

본 논문에서는 대규모 영상 데이터베이스로부터 모양 영상에 대한 검색을 빠르고 효율적으로 수행하기 위해 해싱기법을 변형한 색인구조와 검색방법을 제안한다. 제안된 색인구조는 이진 모양 영상(binary shape image)의 불변 모멘트 집합(invariant moments set)을 특징벡터로 사용하여 다차원으로 구성된다. 이 색인구조를 기반으로 제안된 해싱을 변형한 검색방법은 기존의 방법들에 비해 검색공간을 줄임으로써 검색속도를 높인다. 본 논문에서 제안한 색인구조와 검색방법을 1000개의 이진 모양 영상들에 적용해본 결과 검색공간이 전체 공간의 10% 미만으로 줄어드는 효과가 있었다.

### 1. 서론

최근 들어 하드웨어 기술의 급속한 발전과 영상처리기술 및 영상자료 저장방식의 발전으로 텍스트정보 대신 영상정보의 사용이 증가하고 있다. 이에 따라 영상 데이터베이스 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다. 영상자료는 기존의 텍스트 기반의 자료에 비해 대용량적인 특성과 비정형적인 특성을 가지고 있으므로 이러한 특성으로 인해 영상자료에서 내용으로 표현되는 특징들을 추출하여 이를 기반으로한 효율적인 검색방법들이 많이 연구되고 있다[1,2,3].

효율적인 검색을 위해, Shasha 등은 삼각부동식을 이용하여 불필요한 검색을 사전에 제거하는 색인기법을 제안하였고 [4,5], Aurenhammer는 최근접 질의(nearest neighborhood query)에 사용되는 Voronoi 다이어그램을 제안하였다[6]. 그러나, 이러한 색인기법들은 구조가 적절하지 못한 경우에는 불필요한 검색을 사전에 제거하지 못하였고, 고차원 데이터의 경우에는 순차검색보다 못한 결과를 나타내는 단점이 있었다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 이진 모양 영상으로부터 불변 모멘트 집합을 특징벡터로 추출하고, 이를 색인으로 구성하여 검색을 수행하는 방법을 제안한다. 특징벡터로 사용된 불변 모멘트 집합은 차수의 변화에 따라 영상객체에 대한 각각의 특징을 가지고 있으며, 제안된 색인구조는 이러한 값들 중 4개를 이용하여 4차원으로 이루어진다. 이 색인구조를 사용하여 1000개의 이진 모양 영상에 대해서 실험한 결과, 검색공간은 전체 영상자료 수의 10% 미만으로 줄었다.

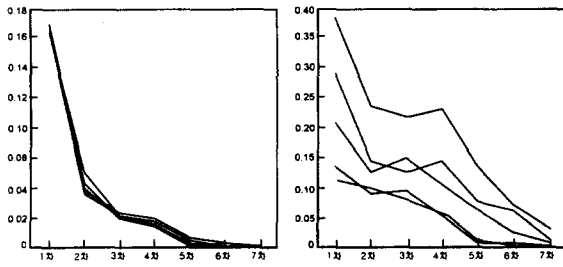
본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서 특징벡터로 사용된 불변 모멘트 집합에 대해 설명한다, 3장에서는 본 논

문에서 제안한 해싱을 변형한 색인구조에 대해 기술하며, 4장에서는 3장에서 제안된 색인구조를 기반으로 빠르고 효율적으로 영상자료를 검색하는 방법에 대해 설명한다. 그리고 5장에서는 본 논문에서 제안한 방법에 의해 구현된 내용기반 영상 검색시스템의 효율성을 실험을 통해 예시하고, 마지막으로 6장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

### 2. 특징벡터 추출 방법

본 논문에서 사용하는 불변 모멘트 집합은 영상내에 존재하는 물체의 형태나 질감같은 가시적인 특징을 표현해 주는 하나의 방법이다. 동일한 형태의 영상에 대해서는 크기변화나 회전 등에 무관하게 일정한 크기의 값을 나타내며 다른 형태의 영상에 대해서는 상이한 값을 나타낸다. 따라서, 본 논문에서는 영상자료로부터 검색에 사용되는 특징벡터를 추출하기 위하여 이진 모양 영상에 대한 불변 모멘트 집합의 계수 중 계산이 쉽고 범위구분이 명백한 4차까지의 계수를 선택하여 특징벡터로 사용한다.

그림 1은 특징벡터로 사용되는 불변 모멘트 집합의 특성을 보여준다. 그림 1(a)는 이진 모양 영상의 크기와 위치 및 회전각도가 다른 5개의 동일한 형태의 영상에 대한 불변 모멘트 집합을 추출하여 그 값을 그래프로 나타내었고, 그림 1(b)는 5개의 형태가 상이한 영상에 대한 불변 모멘트 집합을 추출한 것이다. 그림 1에서 그래프의 가로축은 불변 모멘트 집합의 차수를 나타내고, 세로축은 불변 모멘트 값을 나타낸다. 불변 모멘트는 동일한 형태의 영상에서는 일정한 값을 나타내고 형태가 다른 영상에 대해서는 큰 차이의 값을 갖는 특성을 그림 1로부터 알 수 있다.



(a) (b)  
그림 1. 불변 모멘트 집합의 특성

불변 모멘트 집합을 계산하기 위해서는 먼저 모멘트를 추출해야 한다. 2차원 연속함수  $f(x, y)$ 에 대해,  $(p+q)$ 차 모멘트는 식 (1)과 같이 정의된다[1,7].

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (1)$$

식 (1)은 디지털 영상에서 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (2)$$

식 (2)를 기반으로 3차까지의 중앙모멘트(central moment)를 구할 수 있으며, 영상객체의 크기변화에 무관하게 정규화된 중앙모멘트를 식 (3)과 같이 정의된다.

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{r0}^r} \quad (3)$$

$$r = \frac{p+q}{2} + 1$$

3차까지의 정규화된 중앙모멘트로 유도되는 7개의 불변 모멘트 값들은 영상객체의 위치이동 및 회전, 크기 변화에 대해 불변이며, 식 (4)와 같이 정의된다. 식 (4)에서 특징벡터로 사용될 값은 계산이 복잡하지 않고 범위구분이 명백한 1차~4차까지의 계수이다.

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 3(\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 3(\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned} \quad (4)$$

3. 해싱기법을 변형한 색인구조

앞장에서 설명한 것처럼 본 논문에서 사용하는 특징벡터는 영상객체의 모양에 대한 7개의 불변 모멘트 집합 계수들 중 1차~4차까지의 값이다. 그러나, 색인은 특징벡터값을 그대로 사용하는 것이 아니라, 각 차원의 특징벡터값의 범위를 이용해서 구성한다.

색인구조는 실험을 통해 만든 표 1의 4개의 범위 참조표를 사용하여 구성한다. 범위 참조표들은 1000개의 이진 모양 영상자료에 대한 1차에서 4차까지 불변 모멘트 집합값들의 분

포를 분석하여 편차와 분산을 기준으로 구성된 것이다. 이와 같은 범위 참조표를 기반으로 만들어지는 색인은 0000~9999까지 10000개이다.

표 1. 범위 참조표

1차 특징벡터 범위	색인값	2차 특징벡터 범위	색인값
0.000 ~ 0.200	0	0.0000 ~ 0.0033	0
0.200 ~ 0.225	1	0.0033 ~ 0.0066	1
0.225 ~ 0.250	2	0.0066 ~ 0.0100	2
0.250 ~ 0.275	3	0.0100 ~ 0.0200	3
0.275 ~ 0.300	4	0.0200 ~ 0.0300	4
0.300 ~ 0.325	5	0.0300 ~ 0.0400	5
0.325 ~ 0.350	6	0.0400 ~ 0.0500	6
0.350 ~ 0.400	7	0.0500 ~ 0.0700	7
0.400 ~ 0.500	8	0.0700 ~ 0.0900	8
0.500 ~	9	0.0900 ~	9

3차 특징벡터 범위	색인값	4차 특징벡터 범위	색인값
0.00000 ~ 0.00033	0	0.000000 ~ 0.000033	0
0.00033 ~ 0.00066	1	0.000033 ~ 0.000066	1
0.00066 ~ 0.00100	2	0.000066 ~ 0.000100	2
0.00100 ~ 0.00200	3	0.000100 ~ 0.000200	3
0.00200 ~ 0.00300	4	0.000200 ~ 0.000300	4
0.00300 ~ 0.00400	5	0.000300 ~ 0.000400	5
0.00400 ~ 0.00500	6	0.000400 ~ 0.000500	6
0.00500 ~ 0.00700	7	0.000500 ~ 0.000700	7
0.00700 ~ 0.00900	8	0.000700 ~ 0.000900	8
0.00900 ~	9	0.000900 ~	9

그림 2는 이진 모양 영상에 대한 불변 모멘트 집합  $V=(0.239436, 0.014255, 0.005056, 0.000318, 0, 0.000033, 0)$ 일 때, 이 영상이 10000개의 색인 중 어느 색인에 포함되는지를 설명한 것이다.

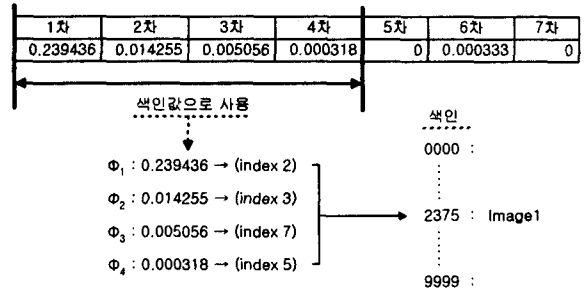


그림 2. 색인을 구성하는 방법

4. 영상자료 검색방법

본 논문에서 제안하는 영상자료 검색방법은 다음과 같은 과정을 따른다. 첫째, 주어진 질의영상의 특징벡터를 구하고, 이를 이용하여 색인값을 만든다. 둘째, 질의영상의 색인값과 유사한 색인들을 결정한다. 마지막으로, 이렇게 결정된 색인들에 포함된 영상들과 질의영상의 특징벡터들 간의 유클리디언 거리(Euclidean distance)를 유사성의 척도로 사용하여 영상을 검색한다.

10000개의 색인들 중에서 질의영상과 모양이 비슷하다고 판단되는 색인들을 찾는 과정은 그림 3과 같이 질의영상의 색인값과 똑같은 색인값에서 출발해서 4개의 자리에서 각 자리마다 색인을 1씩 증감시켜 일치하는 색인들을 구한다. 이 결과로 한 질의영상에 대해 10000개 중  $3^4(81)$ 개의 색인이 결정된다. 이렇게 결정된 81개 해당 색인값의 영상들이 데이터

