

외형 기반 이미지 검색을 위한 해시 기반 검색 기법†

탁윤식*, 황인준*, 최홍근**
*고려대학교 전기전자전파공학과
**아주대학교 자연과학부
e-mail : {life993, ehwang04}@korea.ac.kr, hkchoi@ajou.ac.kr

A hash-based matching scheme for shape-based image retrieval

Yoon-Sik Tak*, Eenjun Hwang*, Hong-Keun Choi**
*School of Electrical Engineering, Korea University
**Division of Natural Sciences, Ajou University

요 약

많은 양의 이미지를 포함하고 있는 대용량 데이터베이스에 대한 이미지 검색에서 보다 짧은 시간에 적은 양의 검색 공간을 사용하면서 원하는 결과를 얻을 수 있는 이미지 인덱싱 기법에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 본 논문에서는 외형 기반의 이미지 검색에서 기존의 인덱싱 기법보다 빠른 검색을 지원할 수 있는 해시 기반의 새로운 인덱싱 기법을 제안한다. 기존의 해시 기반 인덱싱 기법에서는 해시 주소 계산을 위해 인덱스 값의 범위가 미리 정해져야 하기 때문에 색상 정보 등 소수의 특징 정보를 제외하고는 인덱싱에 널리 사용되지 못하고 있다. 한편, 제안된 해시 구조는 값의 범위가 정해지지 않은 정수형의 인덱스 값을 기반으로 효과적으로 이미지 인덱스를 구축할 수 있다. 효과적인 이미지 검색을 위해 제안된 인덱스를 기반한 범위 검색 (Range Search) 기법을 제안하였으며, 실험을 통해 제안된 인덱스 구조에서의 범위 검색이 기존의 인덱스 구조에 비해 보다 효과적임을 보인다.

1. 서론 및 관련연구

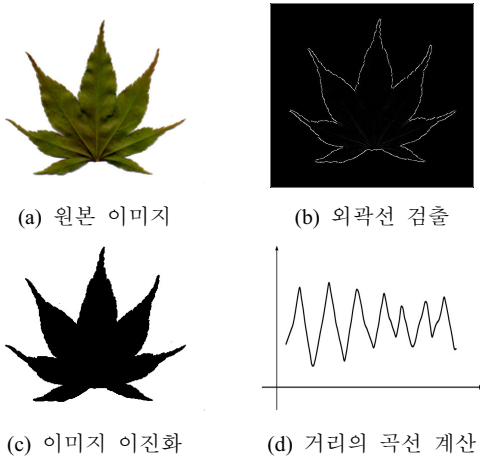
디지털 카메라 및 휴대폰 카메라 등과 같은 휴대용 이미지 촬영 장치의 폭발적인 보급에 따라서 사용자들은 관리하기 어려운 정도로 많은 양의 이미지들을 저장하고 사용하게 되었다. 이러한 많은 양의 이미지들 중에서 사용자가 원하는 이미지를 효과적으로 검색하기 위해서는 효과적인 인덱싱 및 검색 기법이 필요하다.

또한 이미지 검색에서는 어떠한 특징 정보를 바탕으로 어떻게 이미지들간의 유사한 정도를 계산하는지에 따라 다양한 기법이 제안되었다. 이미지의 주요 특징 정보로는 색상 (Color), 질감 (Texture) 및 외형 (Shape) 정보가 있으며, 검색의 특성에 적합한 특징 정보가 선택되어 사용된다. 이러한 특징 정보들 중에서 사람의 물체 인식 방법과 유사하게 이미지 내의 주요 개체의 외형 정보를 사용하는 외형 기반의 이미지 검색 (Shape - Based Image Retrieval)은 많은 분야에서 사용되고 있다. [1]에서는 이미지의 외형 정보로써 주요 개체를 가장 적은 수의 꼭지점을 가지는 다각형 (Minimum Perimeter Polygon, MPP) 으로 변환하여 구해진 꼭지점들 간의 위치 차이에 따라 이미지들 간의 유사한 정도를 계산하였으며, [2][3]에서는 이미지 내

에 있는 주요 개체의 중심점과 외곽선과의 거리를 계산한 거리 곡선을 사용하여 이미지들간의 유사한 정도를 계산하였다. 이러한 거리의 곡선 기반의 이미지 검색은 MPP 등의 주요 특징 점 기반의 기법들보다 많은 양의 정보를 사용하므로 정확한 검색이 가능하지만, 검색 시간이 거리 곡선의 길이에 따라 기하급수적으로 커질 수 있다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하고 검색 시간을 줄이기 위해 효과적인 인덱싱 기법에 대한 많은 연구들이 진행되었다.

대표적인 인덱싱 기법으로는 SS-트리, SR-트리, R-트리 등의 트리 구조를 사용한 기법과 해시를 사용한 기법을 들 수 있다. [3][4]에서는 트리 구조를 사용한 거리 곡선 기반의 이미지 인덱스 및 검색 기법을 제안하였으며, [5]에서는 거리 곡선과 유사한 타임 시퀀스 (Time Sequence) 기반의 인덱스 및 검색 기법을 제안하였다. 이러한 트리 기반의 인덱스 구조에서는 비교적 빠른 시간 안에 유사 이미지를 검색할 수 있지만 해시와 같이 원하는 데이터에 바로 접근할 수 있는 데이터 구조에 비해서는 검색 속도가 느릴 수 있다. [6]에서는 RGB 값을 확장 해시(Extended Hash)에 적용한 인덱스 및 범위 검색(Range Search) 기법을 제안하였으며, 이러한 기법이 트리 기반의 기법에 비해

† 본 연구는 한국과학재단의 생명자원등록활용사업(2008-05074) 지원으로 수행되었습니다



(그림 1) 전처리 과정

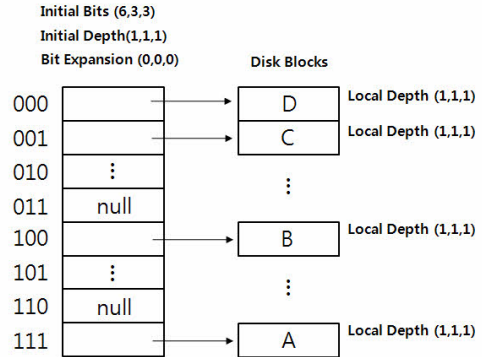
월등하게 빠름을 보였다. 하지만, [6]에서 연구된 해시 구조는 RGB 값과 같이 값의 범위가 정해져 있는 (0~255) 경우에 적합하게 구성된 반면, 범위가 정해지지 않은 값으로 구성된 거리 곡선 기반의 이미지 검색에서는 인덱싱이 용이하지 않기 때문에 널리 사용되지 못하였다.

따라서, 본 논문에서는 이미지로부터 추출한 특징 정보가 그 값의 범위가 정해지지 않은 정수 값을 가지더라도 효과적으로 인덱싱 하여 검색에 적용할 수 있도록 새로운 해시 기반의 인덱싱 기법을 제안한다. 또한, 제안된 해시 기반의 인덱싱 구조를 통해 효과적으로 범위 검색을 지원하기 위한 검색 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 이미지의 인덱싱 및 검색을 위해 사용될 특징 정보를 이미지로부터 추출하는 전처리 과정에 대해서 설명한다. 3 장에서는 2 장에서 추출한 특징 정보를 통한 해시 기반의 이미지 인덱싱 기법에 대해서 설명하며, 4 장에서는 제안된 해시 기반의 인덱싱 구조를 통한 효과적인 범위 검색 기법에 대해서 설명한다. 5 장에서는 제안된 해시 기반의 인덱싱 기법 및 범위 검색 알고리즘의 성능을 나타내기 위한 실험 결과를 보이며, 6 장에서는 본 논문을 결론짓는다.

2. 전처리 과정

이미지의 인덱싱 및 검색을 위해서는 우선 해당 이미지를 잘 표현할 수 있는 특징 정보를 추출하여야 한다. 본 논문에서는 이미지에 포함된 주요 개체의 특징 정보로써, 해당 개체의 중심점과 외곽선과의 거리를 계산한 거리 곡선을 사용한다. 본 논문에서는 이미지로부터 이러한 거리 곡선을 계산하기 위해 (그림 1)과 같이 외곽선 검출, 이미지 이진화, 거리 곡선 계산의 3 개의 단계로 구성된 전처리 과정을 수행한다. 전처리 과정의 각 단계에 대한 상세한 설명은 [2]에 나타나 있다.



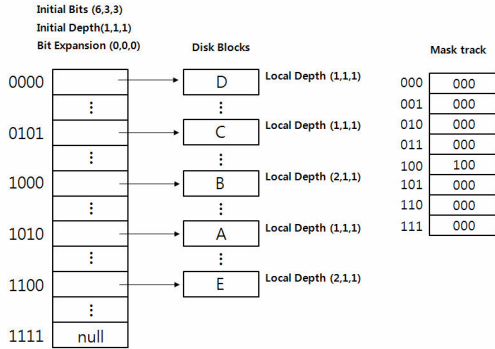
(그림 2) 3 차원 특징 정보를 사용한 초기 해시 구조

3. 해시 기반의 이미지 인덱싱 기법

본 장에서는 2 장에서 계산된 거리 곡선을 일련의 시계열 데이터로 간주하고 이를 바탕으로 한 이미지 인덱싱 기법에 대해서 설명한다. 거리 곡선의 값을 직접적으로 인덱싱에 사용할 경우, 그 차원 수가 지나치게 많아질 수 있기 때문에 인덱싱의 효율성을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서, 최근의 많은 논문들에서는 거리 곡선의 값을 바로 인덱싱에 사용하기 보다 적합한 기법을 사용해 차원 감쇄를 시킨 후, 이 값을 통해 인덱싱을 구축하고 있다. 이러한 차원 감쇄 기법을 통한 인덱싱 구축에 관한 연구로 [4]에서는 푸리에 변환을 통해 얻어진 계수를 통해 인덱싱을 구축하였다. [5]에서는 거리 곡선을 구간으로 나눈 후 구간별 최대값과 최소값을 사용하는 Piecewise Aggregate Approximation (PAA) 기법을 제안하였으며, [7]에서는 이러한 PAA의 성능을 개선한 향상된 PAA 기법을 제안하였다.

본 논문에서는 이러한 기존의 다양한 차원 감쇄 기법들이 효과적으로 적용될 수 있는 해시 기반의 범용적인 인덱싱 프레임워크 (General Indexing Framework)를 제안한다. 푸리에 변환 및 PAA 등의 기법을 통해 계산된 계수들은 RGB 색상 값과는 달리 값의 범위가 없기 때문에 기존의 비트 기반의 해시 구조를 바로 적용하기가 어렵다. 따라서, 제안된 해시 구조에서는 처음으로 해시 구조에 인덱싱 되는 이미지를 기준으로 해시 주소 계산을 위해 필요한 비트의 수를 초기화 시키며, 후에 인덱싱 될 이미지들의 인덱싱 값에 따라 점차적으로 비트의 수를 늘릴 수 있도록 구성한다. 다음은 예제를 통하여 이러한 인덱싱 구조를 설명하고자 한다.

우선, 비어있는 해시 구조에 처음으로 (36, 4, 7: 100100, 100, 111)의 인덱싱 값을 가지는 A 이미지가 들어올 경우, 해시의 초기 비트의 수로써 인덱싱 값을 구성하는 값들의 비트들의 수(6,3,3)를 Initial Bits에 기록한다. 이후 인덱싱 될 이미지들의 인덱싱 값들이 초기 비트 수보다 작을 경우, 앞의 비트들을 0으로 채움으로써, 같은 수의 비트로 구성된 특징 정보를 가지도록 한다. Initial Depth가 (1,1,1) 즉, 모든 인덱싱

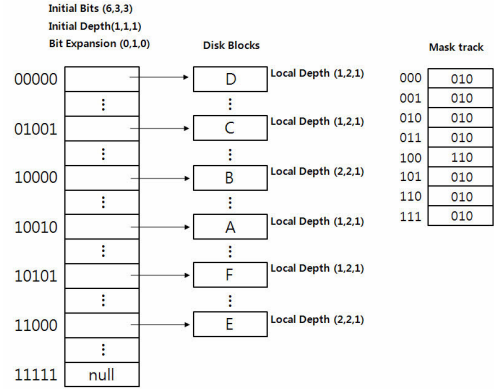


(그림 3) 이미지 중첩에 의한 해시 분할

값들의 처음 비트의 수를 해시 주소로 사용하기 때문에, 이미지 A의 해시 주소 값은 (1,1,1)이 되며, 해당 해시 주소는 이미지 A를 가리킨다. 이후, 이미지 B (36, 1, 1: 100100, 001, 001), 이미지 C (31, 3, 7: 011111₍₂₎, 011₍₂₎, 111₍₂₎), 이미지 D (11, 1, 3: 001011₍₂₎, 001₍₂₎, 011₍₂₎)이 차례로 들어올 경우, 모든 이미지들의 인덱스 값들의 비트 수가 Initial Bits의 수보다 크지 않고, 인덱스 주소가 중복되지 않기 때문에 계산된 해시 주소가 차례로 가리키게 된다. (그림 2)에서는 이미지 A, B, C, D가 해시 구조에 차례로 인덱싱된 모습을 나타내고 있다.

(그림 2)의 예제에서는 이미지들의 인덱스 값들이 중첩되지 않기 때문에 자신의 해시 주소 값을 바로 사용하였지만, 기존에 인덱싱된 이미지와 중첩될 경우, 해시를 분할 (Split)해야 한다. (그림 2)의 예제에 (48, 1, 3: 110000₍₂₎, 001₍₂₎, 011₍₂₎)의 인덱스 값을 가지는 이미지 E를 인덱스에 추가해야 할 경우, 이미지 E와 기존에 인덱싱된 이미지 B의 해시 주소 값이 (1, 0, 0)으로 중첩되기 때문에 중첩이 일어나지 않게 하기 위해서는 해시를 분할하여야 한다. 가장 적은 수의 해시 분할을 통해 모든 이미지들을 인덱싱 하기 위해서 본 논문에서는 이미지들의 인덱스 값들 중 가장 변화가 큰 값들 순서로 해시를 분할하기 위해 사용된다. 본 예제에서는 첫 인덱스 값의 변화가 가장 크다고 가정한다. 따라서, 이미지 B와 E를 인덱싱 하기 위해 첫 인덱스 값을 통해 해시가 분할되며, 이러한 분할을 기록하기 위해, 이미지 B와 E가 인덱싱된 곳의 Local Depth와 해시의 분할을 기록하는 Mask Track의 분할이 일어나게 된 해시 주소 값인 '100'에 첫 인덱스 값을 통해 분할이 되었음을 나타내는 (1,0,0) 값을 기록한다. (그림 3)는 이러한 중첩에 의한 해시 분할 과정을 나타내고 있다.

(그림 3)에서 설명한 중첩에 의한 해시 분할 외에, 기존에 인덱싱된 이미지들보다 더 많은 비트로 구성된 인덱스 값을 가지는 이미지가 인덱싱 되어야 할 경우, 이를 위한 해시 분할도 이루어져야 한다. (그림 3)의 예제에서는 Initial Bits가 (6,3,3)으로 이루어져 있으므로, 이미지들의 인덱스 값들은 6비트, 3비트, 3비트를 초과하는 값을 가질 수 없다. 이 때, (33, 8,



(그림 4) 비트 확장에 의한 해시 분할

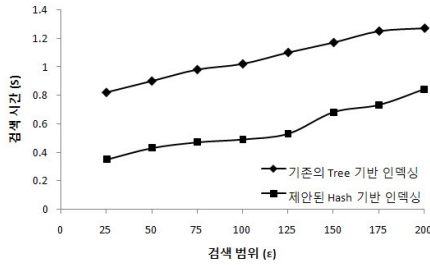
7:100001₍₂₎, 1000₍₂₎, 111₍₂₎)의 값을 가지는 이미지 F가 인덱싱 되어야 할 경우, 이미지 F의 인덱스 값들은 6비트, 4비트, 3비트로 구성됨으로써 기존의 인덱스 구조에 비해 2번째 인덱스 값이 1비트 더 많다. 이러한 이미지 F를 인덱싱 하기 위해, Bit Expansion을 (0,1,0)으로 변경하고 Initial Bits + Bit Expansion의 크기인 6bit, 4bit, 3bit 인덱스 값을 사용해서 해시 주소를 계산할 수 있도록 확장한다. 이러한 확장을 기록하기 위해서 해시에 인덱싱된 모든 이미지들의 두 번째 인덱스 값의 Local Depth와 Mask Track의 모든 항목의 두 번째 값을 1 증가시킨다.

이러한 해시의 분할에 따라 해시 함수는 인덱스 값들의 총 비트 수에서 Initial Depth와 Mask Track에서 각각의 인덱스 값의 분할을 나타낸 값들 중 최고 값인 '110'을 더한 값인 (2,2,0)개의 상위 비트를 선택한 값이 된다. 변경된 해시 함수에 따라서, 이미지 F의 해시 주소 값은 '10' + '10' + '1'인 '10101'이 되고, 인덱싱된 모든 이미지들도 변경된 해시 함수에 따라 재 계산된 주소로 이동한다.

4. 해시 기반의 범위 검색 기법

이미지 검색에서 가장 많이 사용되는 검색 기법 중 하나는 질의와의 차이가 일정 값 (ϵ) 이내인 모든 이미지를 결과로써 제공하는 범위 검색 (Range Search)이다. 본 장에서는 3장에서 제안된 해시 기반의 이미지 인덱싱을 사용한 새로운 범위 검색 기법을 제안한다. 제안된 범위 검색 기법은 (그림 4)의 예제를 통해 설명하도록 한다.

우선, 질의가 들어왔을 때 구성된 해시 인덱스의 Initial Bits와 Bit Expansion 정보를 사용하여, 질의 이미지와의 차이가 일정 값 (ϵ) 이내인 인덱스 값의 범위를 계산한다. Initial Bits가 (6,3,3)이고 Bit Expansion이 (0,1,0)이므로, 질의 이미지의 특징 정보는 (6,4,3)의 비트 수를 가진 값으로 이루어진다. 따라서, 질의 이미지 Q의 인덱스 값은 (34, 7, 4:100010₍₂₎, 0111₍₂₎, 100₍₂₎)가 되며, Q와의 차이가 3($\epsilon = 11₍₂₎$)인 모든 이



(그림 5) 기존의 트리 기반의 인덱스 구조와 제안된 해시 기반의 인덱스 구조의 범위 검색 시간 비교

미지를 찾으려고 하는 경우, 우선 질의 이미지와의 차이가 해당 범위(ϵ) 내에 있는 이미지들의 인덱스 값의 범위를 계산해야 한다. ϵ 의 값이 (3, 11₍₂₎)이므로, 질의 이미지와의 차이가 ϵ 값 이내인 이미지들의 인덱스 값의 범위는 (34±3, 7±3, 4±3:100010₍₂₎±11₍₂₎, 0111₍₂₎±11₍₂₎, 100₍₂₎±11₍₂₎)인 ([011111₍₂₎], 100101₍₂₎, [0100₍₂₎, 1010₍₂₎], [001₍₂₎, 111₍₂₎])가 된다. 인덱스 값의 범위를 계산한 후에는 이 값을 바탕으로 해시 주소 값의 범위를 계산하여야 한다. Initial Depth 가 (1,1,1)이며, Mask Track 에서 각각의 인덱스 값의 분할을 나타낸 값들 중 최고 값이 (1,1,0)이므로, 해시 주소는 첫 번째 특징 정보의 상위 2 비트, 두 번째 특징 정보의 상위 2 비트 및 세 번째 특징 정보의 상위 1 비트로 구성된다. Q 와의 차이가 ϵ 이내인 이미지들의 해시 주소 값의 범위가 ([011111₍₂₎], 100101₍₂₎, [0100₍₂₎, 1010₍₂₎], [001₍₂₎, 111₍₂₎])이므로, 해당 이미지들의 해시 주소 값의 범위는 ['01' + '01' + '0', '10' + '10' + '1']인 [01010, 10101]이다. (그림 3)의 예제에서 해당 범위의 해시 주소 값을 가지는 이미지들은 A, B, F 이며, 해당 이미지들의 질의 이미지와 유클리디언 거리, 맨하탄 거리 및 동적 시간 정합 기법 등의 다양한 유사도 비교 기법들을 통해 계산된 차이가 ϵ 이내인 경우, 최종 결과에 포함시킨다.

5. 실험

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 측정하기 위해서, 이미지 데이터베이스에 대한 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 이미지들은 600 개 정도의 인터넷에서 수집한 이미지 및 직접 촬영 이미지, 스케치 이미지 등으로 구성된다. 실험 환경으로는 인텔 펜티엄 4 3.0GHz CPU, 2GB RAM 을 가진 시스템 사용이 되었으며, 해시 구조를 통한 이미지 인덱싱 및 범위 검색을 위한 프로그램은 C# 언어로 구현되었다. (그림 5)에서는 기존의 트리 기반의 인덱스 구조와 제안된 해시 기반의 인덱스 구조를 통해 범위 검색을 하였을 경우, 검색에 소요되는 시간을 그래프로 나타내었다. 실험을 위해, 이미지들로부터 추출한 거리 곡선의 차원감쇄를 위해 푸리에 변환을 사용하였으며, 계산된 계수들은 정수화시켰다. 또한 거리의 곡선들 간의 유사도 비교 기법으로는 동적 시간 정합 기법을

사용하였다. (그림 5)에 나타난 그래프를 통해, 제안된 해시 기반의 인덱스는 범위 검색을 통해 유사 이미지를 검색할 경우 트리 기반의 인덱스 구조에 비해 빠른 검색이 가능함을 알 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 이미지의 외형 정보에 기반한 해시 기반의 새로운 인덱싱 기법을 제안하였다. 기존의 해시 구조가 값의 범위가 알려진 특징 정보를 사용하는 이미지 검색에서 일부 사용되었던 것에 비해 본 논문에서 제안된 새로운 해시 기반의 인덱싱 기법은 값의 범위가 제한 되어 있지 않은 정수 값을 가지더라도 효과적으로 이미지를 인덱싱 할 수 있도록 설계되었다. 또한, 제안된 해시 기반의 인덱스를 통해 질의 이미지와의 차이가 일정 값 이내인 이미지들을 검색할 수 있는 범위 검색 기법을 제안하여 효과적으로 유사 이미지를 검색할 수 있도록 하였다. 그리고 실험을 통해 제안된 해시 기반의 인덱싱 기법을 기반으로 범위 검색을 하였을 때, 기존의 트리 기반의 인덱싱 기법보다 빠른 시간에 결과를 얻을 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] S. Kim, Y. Tak, Y. Nam, and E. Hwang, "mCLOVER: mobile Content-based Leaf Image Retrieval System," ACM MM'05, Singapore, Nov. 2005.
- [2] Y. Tak and E. Hwang, "A Leaf Image Retrieval Scheme Based on Partial Dynamic Time Warping and Two-Level Filtering," CIT'07, pp. 663-638, Oct. 2007
- [3] Eamonn Keogh, Li Wei, Xiaopeng Xi, Sang-Hee lee and Michail Vlachos, "LB_Keogh supports exact indexing of shapes under rotation invariance with arbitrary representations and distance measures," VLDB'06, pp.882 - 893, 2006
- [4] Yoon-Sik Tak and Eenjun Hwang, "An indexing scheme for efficient camera angle invariant image retrieval," CIT'08, pp.143-148, 2008
- [5] E. Keogh and C. Ratanamahatana, "Exact indexing of dynamic time warping," Knowledge and Information Systems, Vol.7, pp. 358-386, 2005
- [6] Shu Lin, M. Tamer Özsu, Vincent Oria and Raymond T. Ng, "An Extendible Hash for Multi-Precision Similarity Querying of Image Databases," VLDB'01, pp. 221 - 230, 2001
- [7] Yunyue Zhu and Dennis Shasha, "Warping indexes with envelope transforms for query by humming," ACM SIGMOD'03, pp. 181-192, 2003