

내용 기반 멀티미디어 검색을 위한 계층적 비트맵 색인

박주현 문주선^o 낭종호

서강대학교 컴퓨터공학과 멀티미디어 시스템 연구실

parkjh@sogang.ac.kr, serenity0605@mlneptune.sogang.ac.kr, jhnang@sogang.ac.kr

Hierarchical Bitmap Indexing for Content based Multimedia Retrieval

Joohyoun Park Joosun Moon^o Jongho Nang

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University

컴퓨터 처리 능력 향상과 디지털 카메라와 같은 디지털 미디어 생산 장비의 발달은 인터넷이나 PC에 이미지, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터의 양을 폭발적으로 증가시키는 결과를 가져왔다. 동시에 효과적인 내용 기반 멀티미디어 검색 (Content based Multimedia Retrieval)에 대한 요구가 증가하고 있으며 최근 이에 대한 연구가 널리 진행되어오고 있다. 일반적으로 내용 기반 멀티미디어 검색은 동영상, 이미지와 같은 멀티미디어 오브젝트로부터 추출한 색상, 텍스처 등과 같은 고차원의 특성 벡터를 이용하여 검색을 수행한다. 따라서 차원 증가에 따라 급격하게 색인 성능이 저하되는 "Curse of Dimensionality" 문제를 가지고 있는 KDB-tree, R-tree, R*-tree, 그리고 X-tree 등과 같은 기존의 데이터 클러스터링 기반의 다차원 색인 기법은 내용 기반 멀티미디어 검색에 사용하기에 부적합하다고 할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 벡터 근사를 사용한 필터링 방법(Filtering Approach using Vector Approximation)이 제안되었다. 벡터 근사 기반의 필터링 색인 방법은 정확한 검색 결과를 얻을 수 있고 검색 속도 또한 순차 검색 보다 향상된 성능을 보여주는 것으로 알려져 있다. 이러한 필터링 색인 방법들은 각 오브젝트들을 작은 크기의 근사 벡터로 표현한 후, 이를 검색에 이용하여 실제 오브젝트를 읽는 I/O 시간을 줄임으로서 전체 검색 시간을 단축한다. 하지만 [1, 2]의 실험 결과를 보면 필터링 기반 색인 방법들의 검색 속도 향상 효과가 그리 크지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과가 나타나는 이유는 I/O 시간의 줄임 폭은 크지만 근사 거리 계산 시간은 실제 거리를 계산하는 것과 같거나 오히려 증가했기 때문이다.

본 논문에서는 고차원 데이터를 비트맵으로 표현하여 검색 속도를 높일 수 있는 새로운 고차원 데이터 색인 방법인 계층적 비트맵 색인 (Hierarchical Bitmap Index) 방법을 제안한다. 제안한 색인 방법은 데이터베이스 내 오브젝트들을 근사하여 작은 크기의 근사 오브젝트로 부호화하여 비트맵 색인을 구성한다. 비트맵 색인은 오브젝트의 분포를 고려하여 차원 단위로 공간을 상위 구간, 하위 구간, 그리고 중간 구간의 3개 구간으로 나누고, 각각 "11", "00", 그리고 "01"의 2비트를 할당해 만들어진다. 즉, 두 오브젝트 간 값의 차이가 크게 나는 *Discriminative 차원* 을 찾기 위해 (그림 1)에서처럼 데이터 공간 Ω 를 $[v_{min}, v_{low}]$, (v_{low}, v_{high}) , 그리고 $[v_{high}, v_{max}]$ 의 세 개의 구간(Interval)으로 나누고 각각을 I_{low} , I_{middle} , 그리고 I_{high} 로 칭하자. 이 때, 구간을 구분하는 각 값들은 $v_{min} \leq v_{low} < v_{high} \leq v_{max} \in \Omega$ 를 만족한다. 이러한 공간 분할은 Ω^d 의 모든 차원에 대해서 같은 기준으로 적용된다. 이러한 구간은 임의의 두 오브젝트 간 *Discriminative 차원*을 찾아 실제 L_p -거리를 근사하는데 이용된다. *Discriminative 차원*이 아닌 차원을 전체 거리 계산에서 고려하지 않는다면, 두 오브젝트 간 근사 L_p -거리는 $(C \cdot |v_{high} - v_{low}|^p)^{1/p}$ 와 같이 계산할 수 있다. C는 *Discriminative 차원*의 개수를 의미한다.

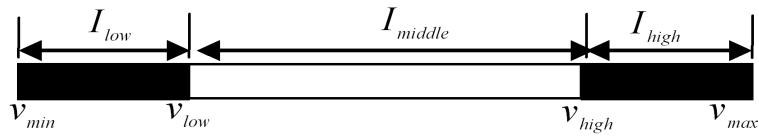


그림 1: 1차원 공간을 I_{low} , I_{middle} , I_{high} 세 개의 구간으로 나눔

이러한 방법을 사용하여 계산하는 근사 거리의 가장 큰 문제점은 *Discriminative 차원*이 되기 위한 조건을 만족하는 차원이 적을 경우 실제 거리에 대한 근사 정도가 매우 작을 수 있다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, (그림 2)에서 볼 수 있듯이, 인접한 두 구간을 합한 후, 다시 세 구간으로 분할하여 이전 공간 분할에서 찾지 못한 또 다른 *Discriminative 차원*을 찾는다. 이러한 병합과 분할을 계층적으로 충분히 반복한다면 모든 차원을 *Discriminative 차원*으로 만들 수 있게 된다.

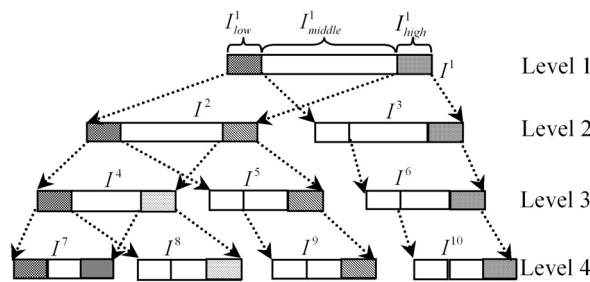


그림 2: 계층적 공간 분할 트리

검색은 구성된 비트맵 색인 정보를 기반으로 근사 거리를 계산하여 이루어진다. 근사 거리는 두 비트맵 간 XOR 연산을 통해 빠르게 계산되는데, 이러한 계산이 가능한 이유는 XOR 결과가 "11" 인 차원에서는 두 오브젝트가 각각 상/하위 구간에 떨어져 있어 오브젝트 간 최소 거리를 알 수 있기 때문이다. 이러한 근사 거리 계산을 통해서 질의 오브젝트에서 멀리 떨어져 있는 오브젝트들을 검색 대상에서 제외시킬 수 있으며, 남은 오브젝트들을 대상으로 실제 거리를 계산하여 최종 검색 결과를 만들어내게 된다. 이때, 근사 거리를 통한 필터링 비율은 색인의 성능과 직접적인 관련이 있기 때문에 서로 다른 공간 분할을 통해 만들어진 복수 개의 비트맵을 사용하여 필터링 비율을 높일 수 있다.

실험에 의하면, 제안한 방법은 VA-File에 비해 필터링 비율은 평균 10% 낮지만 근사 거리 계산 시간을 3-4배 단축함으로써 전체 검색 시간을 평균 2-3배 단축하는 결과를 보여주었다. 예외적으로 편향된 합성 데이터 집합에 대해서는 속도 향상 효과를 보여주지 못했다. 이는 제안한 방법에서는 모든 차원에 대해 같은 기준을 적용하여 공간을 분할하기 때문인데, 이후 연구를 통해서 개선한다면 더 좋은 결과를 보여줄 수 있을 것이다. 본 논문에서 제안한 방법은 고차원 데이터로 표현되는 실제 멀티미디어 검색에서 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] R. Weber, H. Schek and S. Blott, "A Quantitative Analysis and Performance Study for Similarity-Search Methods in High Dimensional Spaces," in *Proc. of Int. Conf. on VLDB*, pp. 194-205, 1998.

[2] G. Cha, X. Zhu, D. Petkovic, and C. W. Chung, "An efficient indexing methods for nearest neighbor search in high dimensional image databases," *IEEE Transaction on Multimedia*, vol. 4, no. 1, pp. 73-87, 2002.