

## 전역적 경계분포를 이용한 이미지 인덱싱\*

오석영\*, 안철범, 홍성용, 나연목  
단국대학교 전자컴퓨터공학과

{osysy, ahn555}@dankook.ac.kr, {syhong, ymnah}@dku.edu

### Image Indexing by utilizing global edge distribution

Sukyoung Oh\*, Chulbum Ahn, Sungyong Hong, Yunmook Nah  
Department of Computer Engineering, Dankook University

#### 요 약

이미지의 유사도나 의미분석을 위해 주요 특징벡터인 색상, 경계선, 질감 등의 연구와 이들을 이미지 전역구간 및 관심영역에 적용하기 위해 데이터베이스에 저장하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 특징벡터의 분할 방법을 유동적, 또는 크게 할 경우 알고리즘 복잡화로 인해 추출 및 검색시간과 오버헤드가 증가하게 되고, 적게 할 경우 정확도가 감소한다. 따라서, 본 논문은 색상 및 경계선 벡터를 사본트리 분할 인덱스 구조로 데이터베이스에 저장하고, 두가지 문제를 동시에 해결하기 위한 방법을 제안한다. 이미지 전역구간을 사본노드로 분할하고, 관심영역의 색상정보를 비교하고, 추출된 전역적 경계분포 순위계수와 비교 알고리즘을 이용하여 이미지에 분포된 객체의 위치정보를 검색함으로써, 검색속도 및 정확성을 개선하였다.

#### 1. 서 론

로컬 또는 웹상에서의 다양한 환경에서 효율적 이미지 검색을 위해서 색상(color), 질감(texture), 경계선(edge) 등의 특징벡터를 추출 및 분할하여 데이터베이스에 저장, 검색하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

특징벡터의 적용은 이미지의 관심영역(region of interest) 또는 전역구간(global region)을 모두 고려하기 위해 적절한 인덱스 구조 및 분할 밀도를 선택해야 한다. 특히 인덱스 구조는 데이터베이스에 저장된 데이터의 저장 및 검색시간에 직접적인 영향을 줄뿐만 아니라 저장된 데이터의 활용도에도 영향을 주기 때문에 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 특히, 속도가 빠르고, 알고리즘이 복잡하지 않은 사본트리 분할 인덱스의 연구[1]와 R-트리, R\*트리 등의 인덱스가 가장 활발히 연구되었다. 분할 밀도 및 복잡도는 정확도에 비해, 속도에 반비례하는 관계가 성립한다. 따라서, 이 두가지 특성을 고려하여 적절한 분할 및 인덱스 구조가 필요하고, 본 논문에서는 사본트리 분할 인덱스를 사용하여, 색상 및 경계선 등의 정보를 추출 및 저장, 적용한 방법을 제안한다. 특히, 이미지의 경계선 추출의 전처리 과정(preprocessing)을 통해 추출된 전역적 경계분포 순위계수(GERC: Global Edge Rankking Coefficient)를 이용하여, 이미지의 전역적 분포구조를 비교함으로써, 데이터베이스의 저장공간의 축소와 검색의 단순화를 위한 방법을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 기존의 이미지 검색을 위한 공간분할 및 인덱스 구조 등의

관련 연구를 알아보고, 3장에서는 사본트리 인덱스 구조와 특징벡터 추출 알고리즘에 대해 알아본다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 특징벡터 저장을 위한 사본트리 인덱싱 테이블과 실험예제를 제시하고, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

#### 2. 이미지 공간분할 및 인덱스 기법의 연구

다양한 도메인과 적용방법에 따라 저장된 수많은 이미지를 데이터베이스에 임의의 인덱스를 통해 저장하기 위한 연구와 한 이미지 내에 분포된 특징벡터를 분할하기 위한 연구는 이미 오래전부터 시작되어 상당한 진척을 보이고 있다.

우선 이미지 내의 공간적 정보를 분할 저장하기 위한 대표적 연구를 살펴보면, 보스턴 대학의 ImageRover 시스템에 적용된 고정적 공간분할기법[2]과, 코넬 대학의 color correlogram의 확률밀도를 고려한 유동적 공간분할기법[3] 등의 연구가 대표적이다.

그리고, UC Berkeley 대학의 Chabot 시스템에서 사용한 데이터베이스 시스템 POSTGRES의 R트리 인덱스[4]등 다양한 인덱싱이 연구되어왔다.

이미지의 분할 알고리즘과 인덱스 구조는 검색속도와 복잡도에 직접적 영향을 끼치지만, 지금까지 진행되어 왔던 알고리즘은 나름대로의 장단점을 가지고 있으며, 이를 위해 개선 및 보완을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10133-0) 지원으로 수행되었음

### 3. 이미지 인덱스 및 특징벡터 추출방법

#### 3.1 사분트리 분할 인덱스

이미지의 고정공간을 분할 저장하기 위해서 우선 전체의 공간을 그림 1과 같이 4개의 공간으로 분할하고, 각 공간을 마지막 레벨까지 반복적으로 분할하여 인덱스를 생성하는 방법으로, 반복되는 레벨에 따라 정확도 및 수행시간에 직접적으로 영향을 미친다. 사분트리 인덱스는 각 레벨 단위로 "A", "B", "C", "D" 등의 문자로 형제 (sibling)노드를 우측방향으로 반복 구성하고, 인덱스의 길이는 사분트리 인덱스의 레벨의 수를 나타낸다. 예를 들면, "AAC"는 레벨3을, "AC"는 레벨2의 인덱스 노드를 의미한다.

따라서, 사분트리 인덱스 구조로 데이터베이스를 구성할 경우 빠른 수행속도와 단순한 알고리즘 복잡도를 동시에 보장함과 동시에, 수정 및 확장이 용이하다.

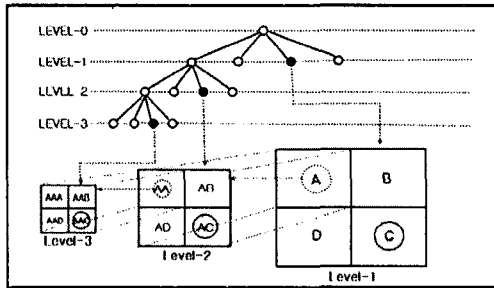


그림 1. 사분트리 분할 인덱스(Quad-tree Index)

#### 3.2 색상 및 경계선 추출기법

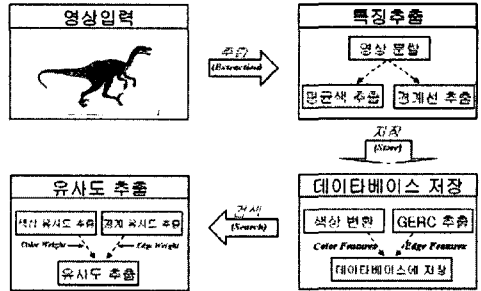
디지털 이미지의 기본적인 색상정보는 RGB공간모델로 구성되는데, 이는 모니터에 적색, 녹색, 청색의 주사선을 쏘아 구성된 픽셀로 이미지를 구성하는 방법으로, 세가지 색의 최대치는 흰색에 가까우므로 가산모델이라고도 한다. 그러나, RGB모델은 인쇄 또는, 인간의 시각 (human vision)에 의한 의미정보를 찾기 어려우므로, CMYK모델 및 HSI모델등의 변환된 색상 공간모델이 점차 많이 사용되고 있다.

그림 2에서는 경계선 추출방법(a)과 처리과정(b)을 보여주고 있다. (c)의 유사도 측정과정은 4장에서 예시를 통해 설명하기도 한다. 사용한 알고리즘은 경계선 추출의 가장 기본적인 알고리즘이다. 이와 관련하여, 노이즈를 제거하거나, 단절된 픽셀을 연결하여 비단절 곡선모델을 추출하고, 방향성 정보에 대한 체인코드 스트링을 변환하는 [5] 등의 다양한 연구가 진행중이다.



(a) 경계선 추출방법

(b) 추출결과



(c) 유사도 측정과정

그림 2. 경계선 추출 및 유사도 측정과정

### 4. 사분트리 인덱스 기법 및 실험평가

#### 4.1 유사도 측정 및 데이터베이스 스키마

3.2절에서 언급했듯이, 색상 및 경계선에 대한 특징벡터를 추출하여 데이터베이스에 저장한다. 유사도 측정 알고리즘과 데이터베이스 스키마는 그림 3과 같다.

$$S_C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m |I(Q_{c(i)} - Q_{e(i)})| + |Q(Q_{c(i)} - Q_{e(i)})| + |B(Q_{c(i)} - Q_{e(i)})|}{n * (255 * 3)}$$

$$S_E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m |E(Q_{c(i)} - Q_{e(i)})|}{m - 1}$$

$$S = (S_C * C_W) + (S_E * E_W)$$

(n: 픽셀영역의 노드수, m: 경계영역의 노드수, Q<sub>c</sub>: 대상 이미지의 레드 노드, Q<sub>e</sub>: 비교 이미지의 레드 노드, C<sub>w</sub>: 색상 유사도의 가중치, E<sub>w</sub>: 경계선 유사도의 가중치)

(a) 유사도 측정 알고리즘

Nestle-2 GERP						Nestle-3 ERGP					
CID	Positional	Q	R	FN	ER	EID	Positional	Q	R	FN	ER
JC040100A	401.JPG	AA	229	229	231	JE040100A	401.JPG	AAA	0	59	0
JC040100B	401.JPG	AB	229	229	231	JE040100B	401.JPG	AAB	0	59	0
JC040100C	401.JPG	AC	192	189	188	JE040100C	401.JPG	AAC	0	58	0
JC040100D	401.JPG	AD	216	215	212	JE040100D	401.JPG	AAD	0.009216	45	0
JC040100E	401.JPG	BA	228	228	230	JE040100E	401.JPG	ABA	0	58	0
JC040100F	401.JPG	BB	212	209	206	JE040100F	401.JPG	ABB	0.009216	45	0
JC040100G	401.JPG	BC	218	215	213	JE040100G	401.JPG	ABC	0.009216	45	0
JC040100H	401.JPG	BD	192	192	193	JE040100H	401.JPG	ABD	0	58	0
JC040100I	401.JPG	CA	198	143	136	JE040100I	401.JPG	ACA	0.009216	45	0
JC040100J	401.JPG	CB	223	222	221	JE040100J	401.JPG	ACB	0.990784	27	0
JC040100K	401.JPG	CC	222	211	189	JE040100K	401.JPG	ACC	0.334337	4	0
JC040100L	401.JPG	CD	209	195	179	JE040100L	401.JPG	ACD	0.317541	11	0
JC040100M	401.JPG	DA	224	223	222	JE040100M	401.JPG	ADA	0	59	0
JC040100N	401.JPG	DB	193	182	171	JE040100N	401.JPG	ADB	0.009216	45	0
JC040100O	401.JPG	DC	206	192	189	JE040100O	401.JPG	ADC	0.2852745	14	0
JC040100P	401.JPG	DD	220	206	184	JE040100P	401.JPG	ADD	0.183322	22	0

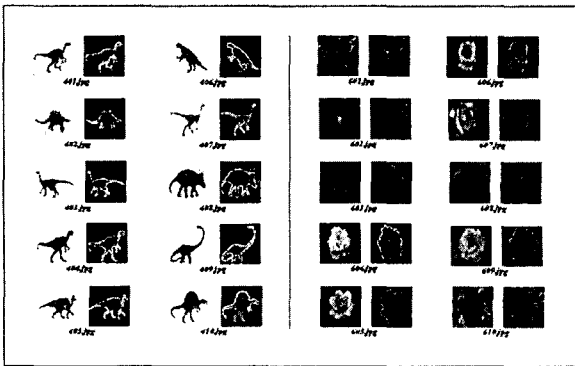
(b) 데이터베이스 스키마 및 예제

그림 3. 유사도 알고리즘과 데이터베이스 스키마

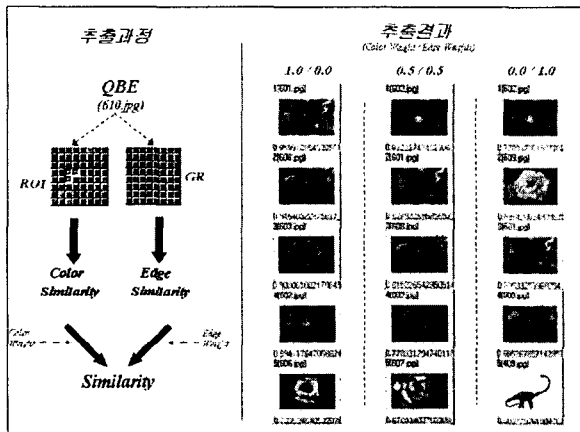
그림 3.(a)은 색상 유사도와 경계 유사도 및 두 유사도에 각각의 가중치를 곱한 최종적인 유사도를 측정하는 알고리즘을 보여주고 있다. 질의시, 관심영역을 지정해 주면, 지정된 관심영역에 해당하는 사분 노드의 색상 유사도와 이미지 전역 노드의 경계 유사도를 측정하게 된다. 그리고, 색상 및 경계 가중치는 0이상 1이하의 실수가 되고, 두 가중치의 합은 항상 1이 된다. 그림 3.(b)에서 이미지의 색상, 경계선 추출 및 데이터베이스에 저장되는 예제를 보여주고 있다. 각 쿼드 엔트리는 그림 1과 같이 계층적 트리구조로 되어있으며, 하위레벨에서 루트레벨까지 상향식(bottom-up) 구조로 저장하며, 본 논문에서는 레벨0에서 레벨3까지 64개의 비단말 노드에서 시작한다.

4.2 유사도 측정결과

그림 4는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 실험한 결과에 대한 예시이다.



(a) 대상 이미지와 경계선 추출 이미지



(b) 추출과정 및 추출결과

그림 4.(a)와 같이 2가지 도메인에 각각 10개의 이미지를 입력하여 색상 및 경계선을 추출하여, 사분인덱스에 의해서 레벨0(단일 루트노드), 레벨3(64노드)의 각 테이블

에 저장하였다. 그림 4.(b)는 저장후의 추출결과 및 과정을 나타낸 그림이다. 저장된 데이터베이스에서 "610.jpg"를 QBE (Query by Example)로 선택하고, 관심영역의 사분노드 "ACC", "ACD", "DAB"를 선택하고, 색상 가중치와 경계 가중치를 각각 "1.0 / 0.0", "1.0 / 0.0", "1.0 / 0.0"를 부여해 추출된 결과중 상위 랭크의 5개와 유사도를 보여주고 있다. 이때, 색상 유사도는 이미지의 일부구간에 대한 유사도를 보여주므로, 도메인이 통합된 환경 보다는 단일 도메인 환경이, 경계 유사도는 단일 도메인 보다 통합 도메인 환경에서 도메인 분류에 효율적이라는 것을 알수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구방향

인터넷의 발전으로 검색대상으로써의 이미지의 양이 증가됨으로써, 내용기반 및 의미기반 검색을 위한 특정 추출 알고리즘이 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는, 그림 4.(a)의 좌측 이미지와 같이 이미지의 구도가 단순하고, 노이즈가 적은 이미지는 경계 유사도에 의한 검색 정확도가 높지만, 우측과 같이 객체의 경계선이 전역적으로 분포되어있거나, 노이즈가 많이 분포되어있는 이미지는 색상 유사도에 의한 검색 정확도가 높다는 사실을 알 수 있었다.

향후 연구로 도메인에 따라 경계 유사도의 정확도가 달라지는 사실을 감안하여, 경계선 추출에서 노이즈제거 등의 개선 알고리즘에 대한 연구와 인덱스기법의 개선에 대한 연구가 수반되어야 할 것으로 보인다.

6. 참고문헌

- [1] A.Cassinelli, M.Naruse, M.Ishikawa "Quad-tree image compression using reconfigurable free-space optical interconnections and pipelined parallel processors," Proc. of the Options in Computing conference, Grand Hotel Taipei (Taiwan), pp.23-25, April 8-11 2002.
- [2] Stan Sclaroff, Leonid Taycher, Marco La Cascia, "ImageRover : A Content-Based Image Browser for the World Wide Web," IEEE Computer, May 1997.
- [3] Jing Hwang, S.Ravi kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu, Ramin Zabih, "Image indexing using color correlogram," IEEE Computer, June 1997.
- [4] Virginia E.Ogle and Michael Stonebraker, "Chabot : Retrieval from a Relational Database of Images," IEEE Computer, vol.28, No.9, pp.40-48, September 1995.
- [5] H. Freeman, "On the encoding of arbitrary geometric configurations," IRE Trans. Electron. Comput., vol. 10, pp. 260-268, June 1961.
- [6] 오석영, 홍성용, 나연목 "사분트리 분할인덱스를 이용한 컬러이미지 검색," 한국정보과학회, 춘계학술발표논문집(B), 제31권 제1호, pp.175-177, 2004.4