

ELIS : 효과적인 식물 잎 이미지 검색 시스템

남윤영[○] 황인준^{**}

아주대학교 정보통신공학과^{*}, 고려대학교 전자컴퓨터공학과^{**}
{youngman[○]}@ajou.ac.kr^{*}, ehwang04@korea.ac.kr^{**}

ELIS : An Effective Leaf Image Retrieval System

Yunyoung Nam[○] Eenjun Hwang^{**}

Graduate School of Information and Communication, Ajou University^{*}
Department of Electronics and Computer Engineering, Korea University^{**}

요 약

본 논문은 모양 특성을 이용한 효과적인 식물 잎 이미지 검색 시스템을 제시한다. 잎 이미지의 더 효과적인 표현을 위해 개선된 MPP 알고리즘을 제안하고, 매칭에 소요되는 시간을 줄이기 위해 기존의 Nearest Neighbor(NN) 검색을 수정한 동적인 매칭 알고리즘을 제시한다. 특히, 더 나은 정확률과 효율성을 위해, 잎 모양과 잎차레를 스케치하여 질의할 수 있도록 하였다. 실험에서는 제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘인 Fourier Descriptor, Moment Invariants, MPP와 비교하였다. 1000여개의 식물 잎 이미지를 통한 실험결과는 제안한 방법이 기존의 기법보다 더 좋은 성능임을 보였다.

1. 서 론

이미지에는 색상, 질감, 모양 등 다양한 정보를 담고 있다. 이러한 정보를 이용하여 색상 히스토그램을 만들거나 객체를 추출하여 객체들 간의 공간관계를 통한 검색에 사용하기도 한다. 또한, 이미지 내의 특정 영역의 문자들을 추출하거나 윤곽선의 특징점을 이용한 인식기술에도 사용된다. 이미지 검색은 검색하고자 하는 이미지에 따라 이용되는 특성이 다를 수 있다. 이미지가 흑백 이미지면 질감이나 모양으로 검출하고, 다양한 색상이 혼합을 이룬 이미지면 색상값을 이용하여 검출한다. 모양은 윤곽을 갖춘 객체를 포함한 이미지에서 검색에 이용할 수 있는 특성이다. 특히, 검색하고자 하는 이미지가 색상과 질감이 비슷한 도메인내에 있다면 모양을 이용하는 검색이 가장 효과적이다. 본 논문에서는 식물의 잎 모양을 세그멘테이션하여 특징있는 점들의 좌표를 추출하였으며, 추출한 좌표를 통해 유사도를 계산하여 검색에 활용하였다.

2. 이미지 인덱싱

이미지 검색과 추출에서 이미지를 표현하고 인덱싱하는 단계는 검색의 정확성을 결정하는 부분이다. 본 장에서는 이미지의 모양을 표현하고 인덱싱하는 방법에 대해서 서술한다.

2.1 MPP 알고리즘을 통한 이미지 세그멘테이션

이미지에서 MPP를 찾기 위해서는 우선 그 이미지를 셀(Cell)로 쪼개어 좀 더 단순화된 형태의 매트릭스(Matrix)로 만든다. 이렇게 단순화된 매트릭스에서 특정한 각도 이상의 점들을 찾아서 볼록점(convex)과 오목점(concave)들을 찾은 후, 이 점들을 순회(travel)하면서 점들의 오목하고 볼록한 특징을 통해 이미지의 형태를 단순화한다. 이때, 이미지의 형태를 결정하는데 중요하지 않은 점들은 제거하며, 단순화된 형태의 매트릭스에서 (X,Y)좌표의 집합이 바로 MPP가 된다.

식물의 잎 모양 이미지에서, 식물의 잎은 잎맥을 제외한 잎의 외곽선이 시작점과 끝점이 서로 연결되어있는 폐쇄형(closed-loop)이므로, 식물의 잎 모양 이미지에 대해 MPP 알고리즘을 적용할 수 있다.

MPP 알고리즘은 MATLAB[7]으로 구현하였으며, MPP 알고리즘을 식물의 잎 이미지에 적용하면 그림 1과 같은 이미지를 얻을 수 있다.

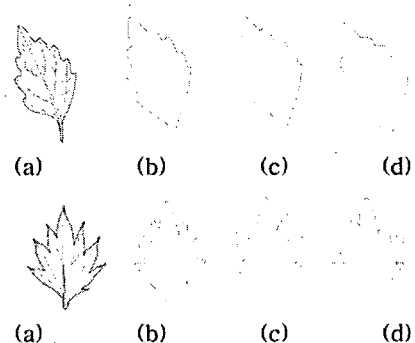


그림 1 식물의 잎에 적용한 MPP 알고리즘의 예
(a) 원본이미지 (b) Cell Size=2
(c) Cell Size=3 (d) Cell size=5

* 본 연구는 과학기술부 국책연구 개발 사업인 유전자원지원 활용사업단의 연구비 (no. BDM0100211)의 지원에 의해 수행되었습니다.

2.2 우세점 추출

MPP 알고리즘은 점과 점 사이를 연결한 선을 기준으로 볼록한 점(180° 이하)과 오목한 점(180° 이상)으로만 점들을 찾기 때문에 추출한 점들 중에는 불필요한 점들이 많이 포함되어 있다. 이러한 점들을 간결화하기 위해 각 점들의 각도를 계산하여 임계값의 범위를 벗어나는 점들은 병합하였다.

2.3 입력값 보정 (invariance)

입력되는 이미지들은 이동, 크기, 회전에 대해서 값이 불변해야 한다. 예를 들어, 잎이 세로인 경우와 가로인 경우, 모양에 대한 표현값은 동일해야 한다. 본 시스템에서는 우세점들간의 거리에서 가장 최대거리에 있는 점 2개를 기준으로 하여 회전에 대한 각도를 보정한다. 각 점들에 대한 보정값을 바탕으로 좌우측 끝점과 위아래 끝점으로 이동과 크기에 대한 값을 보정한다.

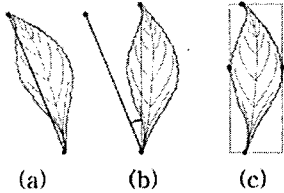


그림 2 입력값 보정의 단계

- (a) 원본이미지 (b) 회전각 보정
- (c) 이동과 크기 보정을 위한 끝점 검출

3. 이미지 매칭과 추출

이미지 표현 알고리즘을 통해 시퀀스를 추출하여 이미지 인덱싱이 이루어지면 사용자가 질의한 이미지가 데이터베이스의 이미지와 얼마나 일치하는지를 계산하게 된다. 이러한 유사도 계산을 통하여 결과값을 얻어낸 후, 가장 비슷한 이미지부터 순서대로 보여준다.

3.1 유사도 계산

유사도를 계산하기 위해 유클리드 거리를 사용하였으며, 아래의 식 1과 같이 질의한 이미지의 점들()과 데이터베이스에 저장된 이미지의 점들()과의 거리에서 최소값을 가지는 거리()를 이용하여 계산하였다.

$$S(U, V) = \frac{1}{|u|} \sum_{i=1}^{|u|} \min(D_i(u, v)) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 $|u|$ 는 질의한 이미지의 점들의 개수이며, 함수 D_i 의 값은 u_i 에 대한 v_j 의 거리로써 열거형의 형태를 지닌다.

3.2 최단거리 검색

질의한 이미지의 점들과 이미지 데이터베이스의 점들에서 거리의 최소값을 찾는 시간 복잡도는

$O(|u| |v|)$ 이므로 $O(n^2)$ 이다. 이러한 brute-force 방식보다 복잡도를 줄이기 위해 본 논문에서는 ϵ -nearestneighbor (ϵ -NN) 검색을 사용한다. 이 방법을 사용하면, $O(Dpolylog(N))$ 의 시간 복잡도를 갖는다 [8].

3.3 동적인 매칭 알고리즘

검색시간을 최소화하기 위해 동적으로 매칭할 수 있도록 하였다. 우선 식물의 잎이 좌우대칭이라는 특징을 이용하여 우세점들(n) 중에 가장 긴 거리를 갖는 직선(축)을 기준으로 한쪽의 점들($n/2$)만을 이용한다. 또한, 유사도 계산시에 유사도가 특정 임계값을 초과하면 더 이상 매칭 프로세스를 진행하지 않고 다음 이미지의 유사도를 계산한다. 또한, 점의 개수가 특정 최대값보다 많으면 샘플링함수($SMP()$)를 통해 n 에서 m 개만큼 추출한다. 예를 들면, 질의한 이미지의 우세점의 개수가 $|u|$, 매칭 대상이미지의 우세점 개수가 $|v|$, $|u| < |v|$ 이면 $SMP(v)$ 를 통해 샘플링한 우세점을 추출하여 유사도를 계산한다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위해서 Xeon CPU 2.8GHz, 1GB RAM의 PC에서 실험하였으며, 데이터베이스는 Microsoft SQL Server 2000을 사용하였다. 검색 시스템의 성능을 분석하기 위해 이미지는 국내에서 자생하고 있는 식물들을 수록하고 있는 대한식물도감[9]에서 1032종의 잎 이미지를 발체하여 500×500 픽셀의 크기로 스케치하여 사용하였다. 이용된 스케치 이미지가 정면이 아닌 0°~90°범위에서 보는 각도가 다르게 묘사되어 있어, 모든 이미지의 보는 각도를 0°로 통일시켜 재포맷화 하였다. 이를 통해 제안한 알고리즘을 이용하여 실험 데이터에 대해 recall과 precision을 비교분석하였다.

그림 3은 식물에서 볼 수 있는 엽서(앞차례)이며 식물 종마다 서로 다르다. 이러한 엽서의 특징을 이용하여 본 시스템에서는 그림과 같이 어긋나기(a), 마주나기(b), 돌려나기(c)로 분류하여 검색에 이용하였다. 엽서 검색은 사용자가 앞차례를 스케치하면 중심 줄기에서 자라는 잎들 간의 간격과 방향으로 엽서를 인식하게 된다.

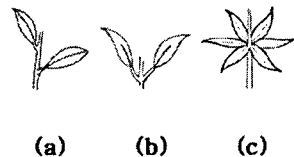


그림 3 검색에 사용된 엽서

그림 4는 잎 모양과 엽서를 스케치하여 검색하여 추출한 결과이다. 그림에서처럼 유사도 값이 가장 작은 순으로 정렬하여 보이고 있다.

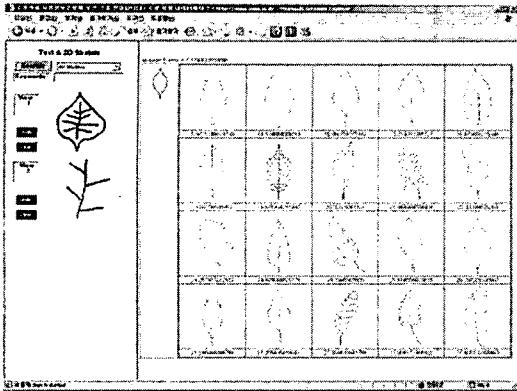


그림 4 스케치를 통한 검색결과

그림 5는 본 논문에서 제안한 개선된 MPP, MPP, Fourier Descriptor, Moment Invariants를 사용했을 때의 recall과 precision을 보이고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 제안한 알고리즘이 다른 알고리즘의 비해 더 좋은 성능을 보이고 있다.

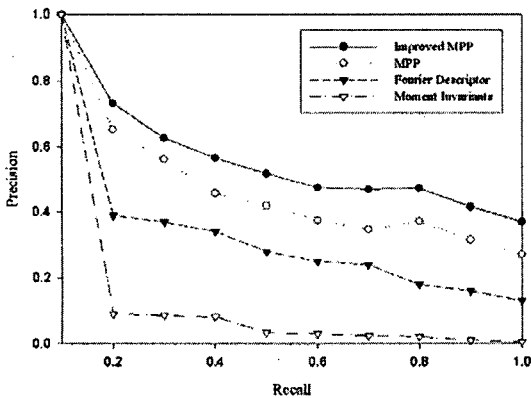


그림 5 Precision과 Recall

표 1은 셀 크기에 따른 평균 검색시간을 보이고 있다. 셀 사이즈에 따라 검색시간이 비례함을 알 수 있으며, 기존의 방법보다 동적인 매칭 알고리즘의 검색시간이 약 2.2배 빠른 것을 알 수 있다.

표 1 매칭 알고리즘과 셀 크기에 따른 평균 검색시간

셀 사이즈	검색시간		A/B
	NN-search(A)	Dynamic matching(B)	
5	29.57초	13.57초	2.18
7	16.58초	7.26초	2.12
9	12.45초	5.80초	2.15

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 식물의 잎을 검색하기 위해 MPP 알고리즘을 개선하여 이미지의 외곽선에서 우세점을 추출하였으며 빠른 검색과 유연한 검색을 할 수 있도록 동적인 매칭 알고리즘을 제안하였다. 또한 잎 모양뿐만 아니라 잎 차레를 이용한 방법을 사용하여 검색의 성능을 향상시켰다. 실험에서 개선한 표현 알고리즘이 기존의 방법보다 좋은 성능을 얻었으며, NN-검색과 유클리드 거리를 이용한 매칭 알고리즘보다 제안한 동적인 알고리즘이 검색시간을 약 2.2배 단축시켰다. 향후 연구 과제로는 좀 더 개선된 알고리즘을 개발하고, 잎 모양 뿐만 아니라 잎 내부의 잎맥을 이용하여 검색하는 것이다.

참고 문헌

- [1] Loncaic, S., "A survey of shape analysis techniques," Pattern Recognition, Vol.31, No.8, pp.983-1001, 1998.
- [2] Petrakis, E., Diplaros, A. and Milios, E., "Matching and Retrieval of Distorted and Occluded Shapes Using Dynamic Programming", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.11, pp.1501-1516, 2002.
- [3] Kurozumi Y., Davis W.A., "Polygonal approximation by the minimax method," Computer Vision, Graphics and Image Processing, pp.248-264, 1982.
- [4] Sklansky, Chazin et al. "Minimum perimeter polygons of digitized silhouettes," 1972.
- [5] Veltkamp, R., "Shape matching: similarity measures and algorithms," Technical Report UU-CS-2001-03, Utrecht University, the Netherlands, 2001.
- [6] Alt, H., Behrends, B. and Blomer, J., "Approximate matching of polygonal shapes," Ann. Math. Artif. Intell., Vol.13, pp.251-266, 1995.
- [7] The MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing <http://www.mathworks.com>
- [8] Indyk, P., Motwani, R., "Approximate nearest neighbors: towards removing the curse of dimensionality," The 30 annual ACM symposium on Theory of computing, pp.604-613, 1998.
- [9] 이창복, 대한식물도감, 향문사, 서울, 1982.