

잎맥 특징을 이용한 모양기반의 식물 잎 이미지 검색

남윤영[○] 박진규^{**} 황인준^{**} 김동윤^{*}
아주대학교 정보통신전문대학원^{*}
고려대학교 전자컴퓨터공학과^{**}

youngman[○]@ajou.ac.kr^{*}, saanin@mil.korea.ac.kr^{**}, ehwang04@korea.ac.kr^{**}, dykim@ajou.ac.kr

Shape-based Leaf Image Retrieval using Venation Feature

Yunyoung Nam[○] Jinkyu Park^{**} Eenjun Hwang^{**} Dongyoon Kim^{*}
Graduate School of Information and Communication, Ajou University^{*}
Department of Electronics and Computer Engineering, Korea University^{**}

요 약

본 논문은 잎맥 특징을 이용한 식물의 잎 이미지 검색 방법을 제안한다. 식물의 검색을 위해 모양 기반의 검색방법을 사용하였으며, 잎의 외곽선 뿐만 아니라 내부의 잎맥 정보를 이용하여 정확도를 향상시켰다. 외곽선은 MPP(Minimum Perimeter Polygons) 알고리즘을 개선하여 표현하고, 내부의 잎맥의 특징은 CSS(Curvature Scale Space)를 개선하여 주맥과 교차점, 끝점을 추출하여 표현하였다. 특징 점들간의 관계와 거리값을 통해 가중치가 있는 그래프로 표현하고 이 값을 통해 유사도를 계산하였다. 실험에서는 식물도감에서 1000여개의 식물 잎 이미지를 추출하여 기존의 알고리즘인 Fourier Descriptor, CSSD, CCD, Moment Invariants, MPP와 비교하였다.

1. 서 론

산이나 들, 시냇가나 호수에서 서식하는 꽃이나 나무, 풀의 이름을 찾으려면 두꺼운 식물도감 서적을 뒤적이거나 인터넷의 식물관련 사이트에서 수많은 식물 사진을 찾아봐야 한다. 만약 식물의 명칭을 아는 경우에는, 예컨대 개나리, 미나리 및 연꽃과 같은 식물의 명칭을 키워드로 입력하여 검색할 수 있지만 식물의 명칭을 정확히 알지 못하는 경우에 식물을 찾는다는 것은 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 즉, 일반적인 키워드 검색 방법은 많은 한계가 있으며, 일반 사용자들이 쉽게 검색 가능하도록 함으로써, 각 식물의 종류에 대한 다양한 정보 및 식물 관련 연구의 기본자료로 활용할 수 있도록 하는 필요성이 대두되고 있다.

키워드를 이용한 검색방법인 주석기반 검색은 사람이 일일이 입력을 해야 하기 때문에 번거로우며 멀티미디어 데이터베이스를 구축하는데 시간이 많이 소요된다. 이에 반해, 이미지의 특성을 이용한 내용기반 검색은 특성을 분석하여 추출하는 단계를 자동화하여 빠르고 정확하게 데이터베이스를 구축할 수 있다는 장점이 있다. 내용기반 검색에서 이용되는 이미지의 특성은 색상, 질감, 모양 등 이미지가 지니고 있는 다양한 정보이며, 이러한 정보를 이용하여 색상 히스토그램을 만들거나 객체를 추출하여 검색에 사용하기도 한다. 이미지 검색은 검색하고자 하는 이미지에 따라 이용되는 특성이 다를 수 있다. 이 이미지가 흑백 이미지면 질감이나 모양으로 검출하고, 다

양한 색상이면 색상값을 이용하여 검출한다. 이 중에 모양은 윤곽을 갖춘 객체를 포함한 이미지라면 검색에 이용할 수 있는 특성이 있다.

본 논문은 식물의 잎 윤곽과 잎맥의 특징점을 추출하여 데이터베이스화한 후, 사용자로부터 식물의 스케치, 사진 및 탁본 등을 통해 이미지를 입력받아 유사한 식물을 검색하는 방법에 관한 것이다.

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)를 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[5]으로 구현하였으며, MPP 알고리즘을 식물의 잎 이미지에 적용하면 그림 1과 같은 이미지를 얻을 수 있다.

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

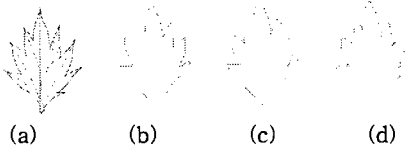


그림 1 식물의 잎에 적용한 MPP 알고리즘의 예
(a) 원본이미지 (b) Cell Size=2
(c) Cell Size=3 (d) Cell size=5

2.2 잎맥 추출

잎맥은 크게 그물맥과 평행맥이 있으며, 그물맥의 경우 그림 2의 5,8과 같은 pinnately venationed와 palmately venationed로 나눌 수 있다. 평행맥은 그림 2의 6,7과 같은 parallel venation이 있다. 그림에서 9,10,11,12는 잎 윤곽선에 따라 분류한 것으로 본 논문에서는 잎맥 분류시 9,10,11은 5의 범주에 포함시켰고, 12는 8에 포함시켰다.

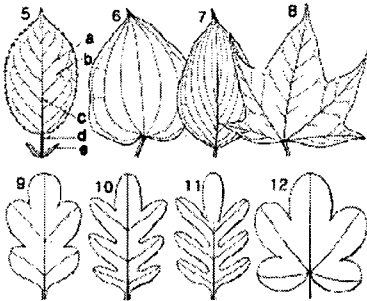


그림 2 여러 가지 잎맥

그림 3에서 보는 바와 같이 잎맥을 표현하기 위하여 가중치 함수 w 와 가중치 그래프 $G(V, E)$ 를 이용하였다. 점 $(u, v) \in E$ 의 가중치 $w(u, v)$ 는 u 의 인접리스트의 vertex v 에 저장한다. 그림 3의 G^b, G^c 에서 잎맥의 길이를 계산하기 위해서 타원의 호의 길이를 계산하는 식 1을 이용하였다.

$$C = 2\pi \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

a는 주축에서 x축의 반지름이고, b는 y축의 반지름이다.

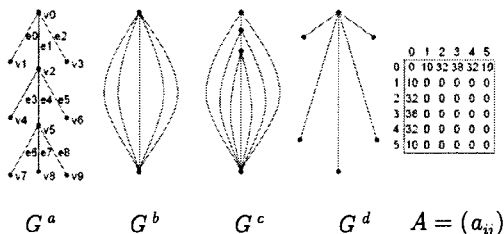


그림 3 여러 가지 잎맥의 표현

그림 4는 잎맥의 추출과 표현의 예를 보이고 있다. 잎맥 검출 알고리즘은 교차점 1, 3, 18, 5, 14, 7, 16, 9, 19(위에서 아래로)과 끝점 11, 12, 17, 15, 13, 0, 2, 4, 6, 8, 10(시계방향으로)을 검출하고 인접행렬을 구축하였다. 이때, 그물맥의 경우 행렬이 많은 0을 포함하고 있기 때문에 행렬대신 문자형 표현방법으로 트리를 구성한다. 트리 T 는 서브 트리 T_1, \dots, T_k 로 구성되어 있고 $lable(root(T) = n$ 는 트리의 점의 수이다. 트리 T 는 $Distance(T)$ 으로 정의하고 다음과 같이 기술한다.

$$Distance(T) = n(Distance(T_1), \dots, Distance(T_k)) \dots\dots\dots (2)$$

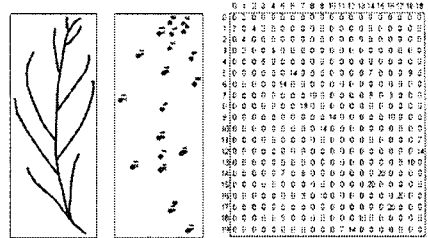


그림 4 잎맥의 추출과 표현의 예

결과적으로 그림 3의 (d)의 트리 G^d 는 distance 5(10,32,38,32,10)로 표현할 수 있고 그림 4의 트리는 19(7(14,10(3(19,5(7(14,9(6(5,3(4,3))10))20))20)14))로 표현할 수 있다.

3 이미지 매칭과 추출

이미지 표현 알고리즘을 통해 시퀀스를 추출하여 이미지 인덱싱이 이루어지면 사용자가 질의한 이미지가 데이터베이스의 이미지와 얼마나 일치하는지를 계산한다. 이러한 유사도 계산을 통하여 결과 값을 얻어낸 후, 가장 유사한 이미지부터 순서대로 보여준다.

3.1 유사도 계산

유사도를 계산하기 위해 유클리드 거리를 사용하였으며, 아래의 식 3과 같이 질의한 이미지의 점들(u)과 데이터베이스에 저장된 이미지의 점들(v)과의 거리에서 최소값을 가지는 거리(D_i)를 이용하여 계산하였다.

$$S(U, V) = \frac{1}{|u|} \sum_{i=1}^{|u|} \min(D_i(u, v)) \dots\dots (3)$$

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

3.2 잎맥 분류와 매칭

잎맥은 네 가지로 분류되고, 이러한 특징을 이용하면 검색의 성능을 향상시킬 수 있다. 잎맥을 분류시키기 위해서 주맥은 교차점으로부터 찾아내고 교차점은 신경망

이론의 decision boundary를 계산하여 결정한다.

그림 5는 잎맥을 분류하기 위해 점을 찾아내는 모습을 보이고 있다. 잎맥 검출 알고리즘을 통해 주맥위에 있는 주변 점의 개수와 분포를 통해 잎맥의 분류를 결정한다.

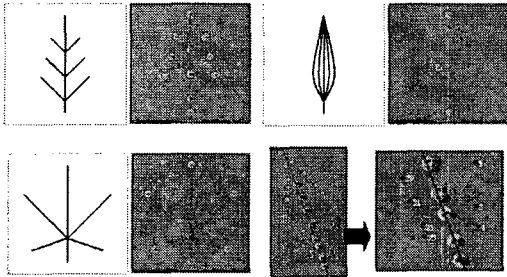


그림 5 잎맥의 분류 결과

잎맥 매칭에서 $U[i, j]$ 를 질의쿼리 U 의 인접 행렬이라 하고 $V[i, j]$ 를 데이터베이스의 트리 V 의 인접 행렬이라고 하면, U 와 V 의 잎맥의 유사도 $VeinSimilarity(U, V)$ 는 다음의 식으로 계산한다.

$$VeinSimilarity(U, V) = \sum_{i=0}^k \sum_{j=0}^j (U[i, j] - V[i, j]) \dots (3)$$

만약 U 와 V 가 동일하다면 유사도는 0이 되며 이 식의 시간 복잡도는 $O(MN) = O(n^2)$ 이다. 여기서 M 과 N 은 각각 U 와 V 에서 나타나는 노드의 수이다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안하는 방법을 기존의 방법과 비교 분석하기 위해서 국내에서 자생하고 있는 식물들을 수록하고 있는 대한식물도감[6]에서 1032종의 잎 이미지를 발췌하여 사용하였다. 이를 통해 제안한 알고리즘을 이용하여 실험 데이터에 대해 recall과 precision을 비교분석하였다.

그림 6은 잎 모양과 잎맥의 스케치를 통해 검색하여 추출한 결과이다. 그림에서처럼 유사도 값이 가장 작은 순으로 정렬하여 보이고 있다.

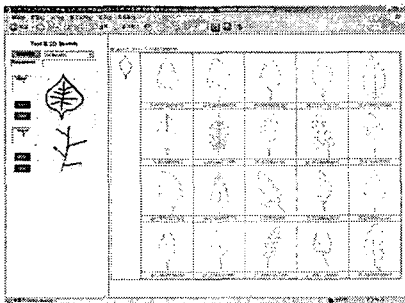


그림 6 구현된 시스템 화면

그림 7는 본 논문에서 제안한 방법과, MPP, Fourier Descriptor, CSSD, CCD, Moment Invariants를 사용했을 때의 recall과 precision을 보이고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 제안한 알고리즘이 다른 알고리즘의 비해 더 좋은 성능을 보이고 있다.

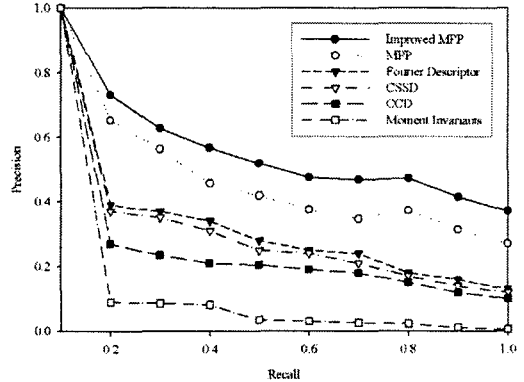


그림 7 Recall 과 Precision

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 식물 검색을 위해 식물의 잎 이미지에 특징을 추출하여 검색에 활용하였다. 잎의 외곽선은 개선된 MPP를 알고리즘을 통해 표현값을 추출하였고, 내부의 잎맥은 개선된 CSS를 사용하여 표현값을 추출하였다. 외곽선과 잎맥의 표현값은 유사도를 계산하여 매칭에 사용하였으며, 또한 잎맥의 표현값은 점들의 분포를 기반으로 잎맥의 분류에 사용하였다. 이러한 방법을 통해 기존의 검색방법보다 검색의 성능을 향상시킬 수 있었다.

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] Sklansky, Chazin et al. "Minimum perimeter polygons of digitized silhouettes," 1972.
- [4] Veltkamp, R., "Shape matching: similarity measures and algorithms," Technical Report UU-CS-2001-03, the Netherlands, 2001.
- [5] The MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing <http://www.mathworks.com>
- [6] 이창복, 대한식물도감, 향문사, 서울, 1982.
- [7] Y. Nam and E. Hwang, "A Shape-based Retrieval Scheme for Leaf Images," Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Vol. 3767, pp. 876-887 Nov, 2005.