

윤곽선 특성과 동적 시간 정합을 이용한 식물 잎 이미지 검색 기법*

탁윤식, 황인준
고려대학교 전자컴퓨터공학과
e-mail : {life993, [ehwang04](mailto:ehwang04@korea.ac.kr)}@korea.ac.kr

A Leaf Image Retrieval Scheme based on Shape Descriptor and Dynamic Time Warping

Yoon-Sik Tak, Een-Jun Hwang
Dept. of Electrical Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 새로운 내용기반 이미지 검색 기법으로 식물 잎의 윤곽선에 대하여 동적 시간 정합 기법을 이용하여 유사한 이미지를 효과적으로 검색하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 우선 식물 잎의 기준점에 대하여 잎의 가장자리를 따라 가면서 구해지는 거리의 곡선을 통하여 잎의 외형 특성을 표현하였다. 추출된 곡선 정보의 효율적인 저장과 처리를 위하여 곡선의 특성을 표현할 수 있는 푸리에 계수(Fourier Coefficients)를 계산하고 이를 바탕으로 유사한 이미지를 계산하였다. 이런 과정에서 생기는 문제점으로는 복잡한 형태의 곡선에 대해서는 푸리에 계수를 통하여 저장하고 복원하는 과정에서 원본 곡선의 세부적인 형태 정보를 상실하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 복잡한 곡선 유형에 대해서는 복원시 상실되는 정보가 최소화될 수 있는 작은 단위의 구간으로 나누고 이에 대한 푸리에 계수를 계산하는 방법으로 다수의 푸리에 계수 세트를 추출하는 이진 구간 분할(Binary Range Reduction) 알고리즘을 사용하였고 질의 이미지와 저장된 이미지들을 비교하는 과정에서 검색의 정확도를 향상시키기 위하여 동적 시간 정합(Dynamic Time Warping) 알고리즘을 사용하였다. 그리고 검색의 효율을 더욱 높이기 위하여 추출된 외형 정보를 기반으로 잎의 유형을 다양한 카테고리 분류하는 외형 기형 기반의 잎 분류 기법을 제안하였다. 다양한 실험을 통하여 제안한 기법이 식물 잎 검색에 우수한 성능을 나타냄을 보인다.

1. 서론 및 관련 연구

최근 들어 IT 기술의 발달과 관련 기기들의 보급에 힘입어 내용 기반의 이미지 검색에 대한 관심이 고조되고 있다. 내용 기반의 이미지 검색을 위해서는 내재된 다양한 특징(Features) 정보를 효과적으로 추출하고 표현하는 것이 필수적이다. 이미지 검색에 효과적인 특징 정보의 하나로 외형 정보를 들 수 있다. 외형 정보를 추출하고 표현하는 방법의 하나로써 이미지의 외형을 다각형으로 표현하는 Minimum Perimeter Polygon(MPP)를 예로 들 수 있다.[1][2] 이 외에도 사용자의 피드백 정보를 활용하여 이미지 검색의 정확도를 높이는 방법[3]과 잎의 외형을 잎의 중심점을 기준으로 외형을 따라가면서 각 점들간의 거리를 계산하여 하나의 연속 그래프로 표현하여 방법이 있다.[4][5]

질의에 대한 유사한 이미지를 찾아내기 위한 매칭 단계에서는 대상이 되는 이미지의 외형 곡선에 대한 Euclidian Distance 나 Manhattan Distance 를 계산하여 사용할 수 있다. 하지만 이러한 매칭 방법은 매칭의 대상이 되는 두 개체의 특징 수가 동일해야만 사용할 수 있다. 같은 유형의 이미지이지만 이미지의 크기가 다른 경우 외형 곡선을 크기나 높이 등이 다를 수 있으므로 앞의 방법을 직접 적용할 수 없다. 이런 경우 동적 시간 정합(Dynamic Time Warping)을 이용하면 그러한 문제점을 극복할 수 있다.[6]

본 논문에서는 식물 잎 이미지의 효과적인 검색을 위하여 잎의 중심점을 기준으로 잎의 외형을 따라가면서 얻어지는 거리 그래프를 기반으로 이를 표현하고 분류하는 새로운 기법을 제안한다. 구체적으로, 외형 곡선의 복잡한 정도에 따라 푸리에 계수를 추출

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업(IITA-2006-(C1090-0603-0002))과 과학기술부 국책연구 개발 사업인 유전자원지원 활용사업단의 연구비(no. BDM0100211)의 지원에 의해 수행되었습니다.

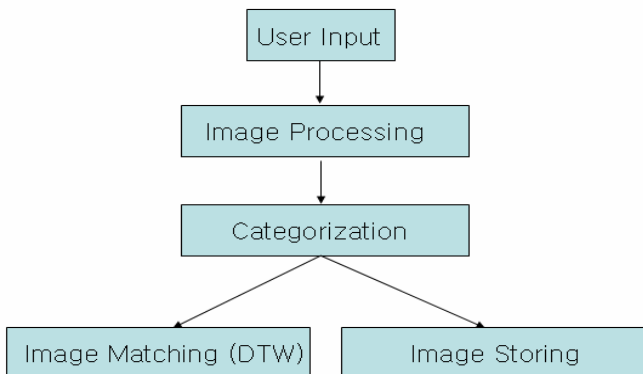
하는 구간을 동적으로 결정하는 이진 구간 분할 알고리즘과 검색 시간을 줄여서 더 좋은 검색 효율을 얻기 위한 이미지 분류 기법을 제안한다. 앞의 거리 그래프의 주기가 앞 이미지마다 동일하지 않으므로 이미지 매칭 방법으로 동적 시간 정합 알고리즘을 사용하였다.

본 논문은 다음과 같이 이루어진다. 2 장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 전반적인 구조를 나타내며, 3 장에서는 이진 구간 분할 알고리즘을 소개한다. 4 장에서는 이미지의 외곽선 형태에 따른 이미지 분류 기법에 대해서 소개하며, 마지막으로 5 장에서는 본 논문에서 제안한 기법들의 성능을 평가하기 위한 실험결과를 나타내고 결론을 낸다.

2. 전반적인 시스템 구조

그림 1 에서는 제안하고자 하는 일 이미지 검색을 위한 전체적인 시스템 구조를 보여주고 있다. 먼저, 사용자로부터 PDA 와 같은 휴대용 단말기를 통한 스케치 이미지나 카메라를 이용한 디지털 사진 등의 일 이미지를 입력 받는다. 입력 받은 이미지는 이미지 처리 모듈에서 앞의 중심점을 계산하고, 중심점을 기준으로 외곽선을 따라가면서 거리를 계산하여 곡선을 추출한다. 이미지 분류 모듈에서는 이미지 처리 모듈에서 추출한 곡선의 정보를 사용하여 잔 곡선으로 이루어지지 않은 곡선, 비교적 주기가 긴 곡선으로 이루어진 곡선, 주기가 짧은 곡선으로 이루어진 곡선의 3 가지 형태로 이미지를 분류한다. 만약 입력된 이미지가 유사한 이미지를 검색하기 위한 질의 이미지였다면, 이미지 비교 모듈에서 질의 이미지와 데이터베이스에 저장된 이미지들의 퓨리에 계수로부터 복원된 이미지와의 유사한 정도를 동적 시간 정합 알고리즘을 사용하여 계산한다. 계산된 값을 사용하여 이미지들간의 순위를 매겨서 사용자에게 나타낸다.

만약, 입력된 이미지가 데이터베이스에 저장하기 위한 신규 이미지였을 경우, 이미지 저장모듈에서 이진 구간 분할 알고리즘을 사용하여 퓨리에 계수를 추출하고, 이미지 분류 모듈과 동일한 기능을 수행하여 해당 이미지를 분류한다. 데이터베이스에는 해당 이미지와 이미지의 퓨리에 계수, 그리고 분류의 번호가 저장된다.



(그림 1) 시스템 구조도

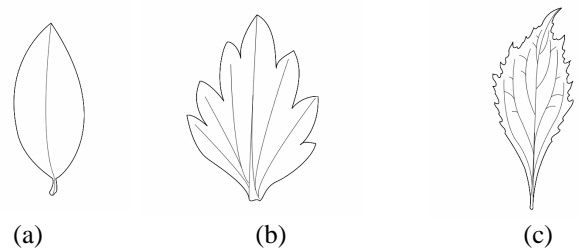
3. 외형 특징 표현자 추출

곡선이 짧은 주기의 곡선으로 이루어진 복잡한 형태를 가질 경우, 기존의 퓨리에 계수를 추출하는 방법을 사용하면 원본 곡선과 추출된 퓨리에 계수로부터 복원된 곡선과의 오차가 커지게 된다. 이러한 오차를 줄이기 위해서 퓨리에 계수를 추출하는 구간을 줄여가면서 퓨리에 계수 세트를 추출하는 이진 구간 분할 (Binary Range Reduction, BRR) 알고리즘을 제안하였다.[7]

BRR 은 처음에 곡선 전체의 퓨리에 계수를 추출하게 된다. 만약 원본 곡선과 추출된 퓨리에 계수로부터 복원된 곡선과의 차이가 정해진 임계치 값을 넘어가게 되면, 곡선을 반으로 분할한 후, 앞의 곡선의 퓨리에 계수를 추출한 후 부분 곡선을 복원 후 비교하게 된다. 만약, 이때 계산된 차이가 일정 값보다 작을 때 앞의 곡선의 퓨리에 계수는 저장하고, 뒤의 곡선의 퓨리에 계수를 추출한 후 지금까지의 작업을 반복한다. 하지만 임계치 값보다 크면 다시 곡선을 반으로 나눈 후 차이를 비교 하고 위의 작업을 반복하게 된다. 전체의 곡선으로부터 퓨리에 계수를 추출하게 될 때까지 이 작업을 반복한다.

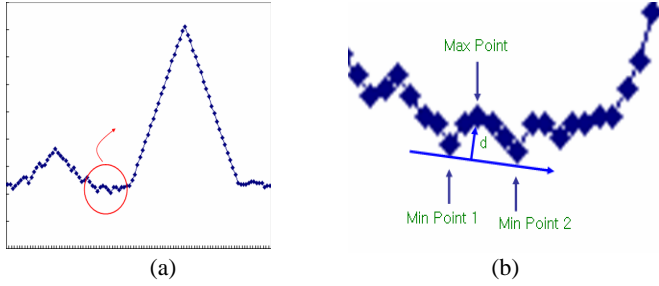
4. 이미지 분류

이 장에서는 이미지 검색 시간을 줄여 검색 성능을 향상시키기 위한 외곽선 기반의 이미지 분류 기법을 설명한다. 일 이미지의 분류를 위해서, 앞에서 설명한 방법과 비슷하게 이미지의 외곽선 정보를 사용한다. 일 이미지는 그림 2 에서와 같이 잔 곡선으로 이루어지지 않은 곡선, 비교적 주기가 긴 곡선으로 이루어진 곡선, 주기가 짧은 곡선으로 이루어진 곡선의 3 가지 형태로 이미지를 분류한다.



(그림 2) 일 이미지의 분류

일 이미지의 분류를 위해서 먼저, 곡선 전체에서 극소 점 1-극대 점- 극소 점 2 의 세트를 구한다. 최고 점은 곡선상에서 나타나는 가장 위로 튀어나온 점을 나타내고, 극소 점 1 은 부분 곡선의 왼쪽에 나타나는 끝점, 극소 점 2 는 부분곡선의 오른쪽에 나타나는 끝점이다. 한 세트의 최고 거리 'd'는 부분곡선의 좌우의 점, 즉 극소 점 1 과 극소 점 2 를 연결한 직선과 최고점과의 거리를 나타내는 값이다. 극소 거리와 극대 거리, 최고 거리 'd'는 그림 3 에 나타나 있다.



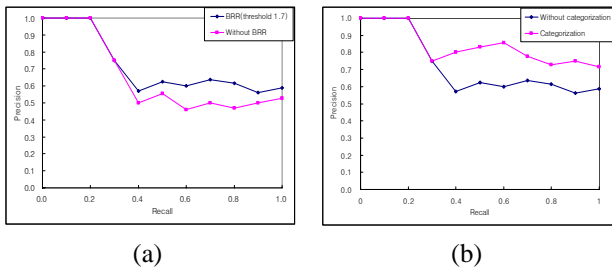
(그림 3) 극소 점과 극대 점

만약 d 가 임계 값 1 보다 작고 극소 점 1 과 극소 점 2 와의 거리가 임계 값 2 보다 짧고 임계 값 3 보다 크면 긴 곡선의 수를 하나 증가시킨다. 그리고 d 가 임계 값 1 보다 작고 극소 점 1 과 극소 점 2 와의 거리가 임계 값 2 보다 짧고 임계 값 3 보다 짧으면 짧은 곡선의 수를 하나 증가시킨다. 이렇게 계산된 수를 사용하여 이미지를 분류하게 된다. (예: 짧은 곡선을 나타내는 수가 15 보다 크면 이미지는 Type3 에 분류되고, 긴 곡선을 나타내는 수가 10 보다 크면 Type2 에 분류된다. 둘 다 해당하지 않을 경우, Type1 에 분류된다.)

5. 실험 결과 및 결론

제안된 시스템의 성능을 측정하기 위해서 제안된 알고리즘을 구현 후 다수의 실험을 시행하였다. 실험에서는 인터넷을 통해 수집한 다수의 잎 이미지들과 직접 그린 이미지들이 사용되었다. 실험을 위해 사용된 시스템은 인텔 펜티엄 4 3.0GHz 의 CPU, 1GB 의 RAM 을 가진 하드웨어 플랫폼이 사용되었다. 알고리즘 구현을 위해서, C 언어를 사용하였다.

그림 4 는 제안된 기법의 성능을 측정하기 위하여 샘플 질의에 대한 결과로부터 Precision 과 Recall 를 계산하여 나타내었다. 이 그래프를 통해 BRR 알고리즘을 사용하고, 분류 기법을 사용했을 때 더 나은 검색 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.



(그림 4) Precision 과 Recall 그래프 (a) BRR vs BRR 을 사용하지 않았을 때 (b) 이미지 분류기법을 사용할 때 vs 이미지 분류기법을 사용하지 않았을 때

참고문헌

- [1] Y. Nam, E. Hwang, "A Shape-Based Retrieval Scheme for Leaf Image," LNCS, Vol. 3767, pp.876-887
- [2] Sklansky, Chazin et al, "Minimum perimeter polygons of digitized silhouettes," 1972.
- [3] Cheikh. F.A, Cramariuc. B, Gabbouj. M, "Ordinal-based shape retrieval with relevance feedback," Signal Processing and Its Applications, Vol.1, pp. 189-192, July. 2003
- [4] Zhiyong Wang, Zheru Chi, Dagan Feng, Qing Wang, "Leaf Image Retrieval with Shape Features," LNCS, Vol.1929, pp.477-487.
- [5] Hwei-Jen Lin, Yang-Ta Kao, Shwu-Huey Yen, and Chia-Jen Wang, "A Study of shape-Based Image Retrieval," ICDCSW'04, 2004.
- [6] Eamonn Keogh, Li Wei, Xiaopeng Xi, Sang-Hee lee, Michail Vlachos, "LB_Keogh supports exact indexing of shapes under rotation invariance with arbitrary representations and distance measures," VLDB'06, pp.882 - 893, 2006
- [7] Y. Tak and E. Hwang, "An Image Retrieval Scheme based on Fourier Series of Distance Curve," APIS'07, pp.232-235, Jan. 2007.