



시각 단어 가방 기반의 가로수 종류 및 상태 분류 기법

김찬중*, 손창환**¹, 정동원**²

A Method of Classifying Species and Conditions of Street Trees Based on Bag of Visual Words

Chanjung Kim*, Chang-Hwan Son**¹, and Dongwon Jeong**²

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임
 (No. 2017R1D1A3B03030853)

요 약

가로수는 도시의 생활환경을 개선하는데 큰 역할을 하고 있으며 그 중요성이 점점 강조되어 매년 가로수의 개체 수는 늘어가고 있다. 최근 무선 주파수 식별 기반의 가로수 관리 시스템, 컴퓨터 비전 기반의 잎사귀 분류 기법, 또는 초분광 영상 기반의 열대우림 수종 식별 기법과 같은 유사내용을 다룬 연구가 소개되고 있지만, 구축비용이 많이 들거나 잎사귀 부분만 인식하기 때문에 도로가에서 촬영된 영상에서 가로수종이나 훼손 상태를 구별하고 질병까지 관리하기란 역부족이다. 따라서 이 논문에서는 도로가에 심겨진 가로수 영상으로부터 훼손 상태나 심지어 황화 현상과 같은 질병까지 검출할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 특히 국부 영역에서 에지의 특징을 추출해서 가로수종 및 상태에 관한 특징을 히스토그램으로 모델링한 시각 단어 가방 기법을 사용하였다. 분류기로는 서포트 벡터 머신을 사용하였고, 그 결과 약 78%의 정인식률을 달성할 수 있었다.

Abstract

Street trees play a major role in improving the living environment of the city, and thus its importance is increasingly emphasized. Recently, related works, such as a tree management system based on a radio frequency identification, a leaf classification method based on computer vision, and a tropical rain forest tree classification using hyperspectral images, have been introduced. However, those methods require construction cost in some cases. Moreover, those methods can just recognize tree's leaves, and thus they have limitations in recognizing the trees' species and damage state from the captured tree's image on the road, even to the disease. To solve this issue, this paper presents a method of detecting the damage state and disease such as etiolation chlorosis from the captured tree's image. More specifically, this study uses the bag-of-visual-words, which is the histogram that can model the main features for the trees' species and conditions from the extracted edges in local regions. For classification, support vector machine is used and it is shown that the correct recognition rate is about 78%.

Keywords

bag of visual words, feature extraction, image recognition, SIFT, support vector machine

* 군산대학교 소프트웨어융합공학과
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6119-0691>
 ** 군산대학교 소프트웨어융합공학과 교수(교신저자)
 - ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0001-7077-3074>
 - ORCID²: <https://orcid.org/0000-0001-9881-5336>
 · Received: Jan. 09, 2018, Revised: Mar. 13, 2018, Accepted: Mar. 16, 2018
 · Corresponding Authors: Chang-Hwan Son and Dongwon Jeong
 Dept. of Software Convergence Engineering, Republic of Korea,
 Tel.: +82-63-469-8911, Email: {cson, djeong}@kunsan.ac.kr

1. 서 론

도시화가 진행되면서 운수교통의 활동, 공장들의 가동, 일반 가정의 연료소비가 활성화가 되면서 도시의 대기오염이 심각해지고 있다. 그로 인해 도시의 가로수는 공기를 정화하기 위해 꼭 필요한 존재가 되었다. 또한 가로수는 주변 경관을 아름답게 하고 교통소음의 차단 및 감소, 방풍, 방설, 방사, 방조, 방화수로서의 생활환경을 개선을 하는데 큰 역할을 하고 있어 가로수의 필요성은 높아지고 있다 [1]-[3]. 가로수의 필요성이 높아지면서 1990년도에 112,130 그루였던 가로수가 2000년도에 291,122 그루로 2배 이상 증가하였고 2015년도에는 424,312 그루로 매년 증가하고 있는 추세이다[4].

이에 따라 가로수의 보전 및 관리에 대한 시민들의 요구도 증가하고 있다. 하지만 가로수의 수형관리 전문기술 및 인력 등의 부족으로 가로수의 관리가 힘들어지고 있다. 그로 인해 황화현상으로 병들어 죽는 경우가 있고 교통사고 또는 기후로 인해 가로수가 훼손되고 있지만 아무런 조치가 이행되지 않고 있다. 이로 인해 추가적인 관리비용이 발생하는 사례가 속출하고 있다[5].

앞에서 언급한 문제를 해결하기 위해 가로수 관리 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 대표적인 기법으로는 무선 주파수 식별(Radio Frequency Identification)을 이용한 가로수 관리 시스템이 있다. 비록 가로수 정보를 통합 관리할 수 있는 장점은 있지만 구축비용이 많이 들어가고 가로수가 어떤 상태인지 알 수 없다는 단점이 있다[6]. 이러한 접근 방식의 단점을 해결하고자 영상 기반으로 나무 수종을 식별하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 나뭇잎 영상을 이용하여 나무의 수종 및 질병 식별하는 기법이나 초분광 영상(Hyperspectral Images)기반의 열대우림 수종 분류 기법이 있다. 하지만 이 시스템은 일반 디지털카메라가 아닌, 고가의 초분광 영상 획득 장비를 필요로 한다. 또한 기존의 컴퓨터 비전 기반의 방법들은 잎사귀만 분류하는 것에 초점을 맞추고 있다[7]-[11].

이 논문에서는 기존의 이러한 문제점을 개선하기 위해, 도로가에서 휴대폰으로 촬영된 사진 또는 자

동차의 블랙박스나 폐쇄회로 텔레비전을 통해 촬영된 가로수 영상으로부터 가로수종 및 상태를 분류하는 기법에 대해 제안하고자 한다.

제안한 기법의 응용분야로는 자동차의 블랙박스나 폐쇄회로 텔레비전을 통해 촬영된 가로수 영상에서 가로수의 종류 및 상태를 인식하여 자동으로 지자체에 상태정보를 알려줄 수 있는 가로수 관리 시스템으로 활용이 가능하다. 또한 가로수 존재여부에 따른 대기환경 데이터, 예를 들면 이산화탄소에 미치는 상관관계를 조사할 수 있다. 그리고 안드로이드의 구글 맵과 이 기법을 연동해 도시 가로수 맵을 생성할 수 있는 어플리케이션으로도 사용이 가능하다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제 2장에서는 관련 연구를 소개하고 문제점을 분석한 후, 제 3장에서는 제안한 기법에 대한 블록도와 시각 단어 모델 기반의 분류기 학습 과정에 대해 소개하고자 한다. 제 4장에서는 제안한 기법의 실험 결과 및 정량적 성능에 대해 분석하고 마지막 제 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 고찰하고자 한다.

II. 관련 연구

2.1 무선 주파수 식별 기반 가로수 관리

이 시스템은 현장 작업과 실내작업으로 이원화된 가로수 관리를 개선하기 위해 무선 주파수 식별을 도입해 가로수와 무선 통신이 가능하고 웹정보시스템을 구축을 하여 가로수정보를 통합 관리할 수 있도록 하였다. 하지만 무선 주파수 식별 태그를 모든 가로수에 부착해야 되기 때문에 구축비용이 많이 들어가고 그에 따른 인력도 충원되어야 한다. 무엇보다 이 시스템은 현재 가로수의 상태를 알 수 없는 한계점을 지니고 있다[6].

2.2 컴퓨터 비전 기반의 잎사귀 분류

최근 잎사귀 영상 분류를 위해 컴퓨터 비전 기법을 접목한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나뭇잎을 분류하기 위해 질감이 없는 배경과 잎사귀를 분할

한 뒤, 잎의 윤곽의 곡률을 나타내는 특징을 추출하여 수종을 판별하거나[7], 최근에는 심층 신경망(Deep Neural Networks) 기법을 사용해서 잎사귀 훈련 영상을 학습한 후에 잎사귀 수종을 판별하는 기술이 소개되고 있다[8][9]. 더 나아가 잎사귀의 종류 뿐만 아니라 잎사귀의 질병도 분류하는 기법도 제안되고 있다[10]. 이 기법은 대비(Contrast), 국부 균질성(Local Homogeneity), 엔트로피(Entropy) 등을 텍스처로 표현할 수 있는 특징으로 모델링하였고 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine)을 사용해서 잎사귀의 질병을 분류해주었다.

앞에서 언급한 기법은 일반 디지털카메라로 촬영된 RGB 영상을 기반으로 잎사귀를 분류하는데 초점을 맞추고 있다. 이와는 달리 항공이나 위성에서 촬영된 초분광 영상으로부터 즉, 다채널 영상으로부터 열대우림 지역의 수종을 분류하는 접근 기법도 제안되고 있다[11]. 특히 이 접근 방식에서는 열대우림 수종을 구별할 수 있는 스펙트럼 영역대의 조합을 찾아 열대우림 수종을 분류하는 기법을 새롭게 제시하였다. 약 92%의 높은 인식률을 달성할 수 있지만 초분광 영상 촬영이 요구되는 제약이 있다.

2.3 기여도

이 논문의 기여도는 다음과 같다. 첫째, 이 연구에서는 기존의 잎사귀 분류나 초분광 영상을 기반으로 항공사진에서의 우림지대 분류 목적과는 달리, 가로수 영상 전체에서 가로수종, 훼손상태 및 황화현상을 분류하는 기법을 제안했다.

둘째, 이 연구에서는 국내 가로수종과 상태 인식을 위한 영상 데이터베이스를 자체적으로 수집했다. 향후 가로수종 인식을 위한 오픈 데이터베이스로 가치 있게 활용될 것으로 기대된다.

셋째, 이 논문에서 사용한 시각 단어 가방 기법의 가로수종 및 상태 분류 기법이 국내 가로수종 및 상태 인식을 얼마만큼 정확하게 할 수 있는지에 대한 궁금증을 해소함으로써, 향후 가로수종과 상태 분류를 위한 비교 평가 대상으로 활용될 것으로 기대된다.

III. 제안한 기법

3.1 접근 방법

시각 단어 가방(Bag of Visual Words)이란 국부 영역에서 에지의 특징을 사용해서 객체에 대한 특성을 모델링하는 기법이다[12]. 그림 1에서는 시각 단어 가방 기법의 예를 보여준다. 자동차, 나무, 연필 영상이 있으면 각자 고유한 특성을 알려주는 시각 단어들(예를 들어 자동차는 차문, 바퀴, 헤드라이트로, 나무는 잎과 나뭇가지로, 연필은 연필심이나 연필대로) 각각의 객체를 구별할 수 있다. 고유한 시각 단어를 찾는 방법은 그림 1의 두 번째 행에서 보듯이 영상과 시각 단어를 비교하여 히스토그램의 빈도수를 구해 객체 영상의 고유한 시각 단어를 찾는다.

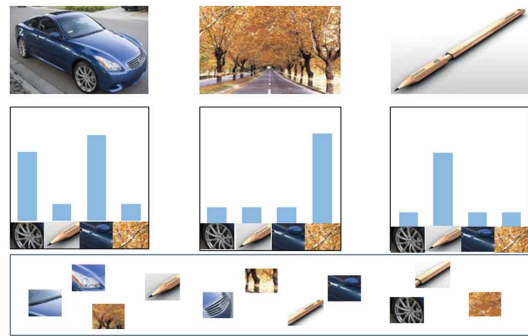


그림 1. 시각 단어 가방 개념
Fig. 1. Concept of bag of visual words

제안한 기법의 블록도는 그림 3과 같다. 1단계에서 4단계는 시각 단어 가방 모델링 과정이고 5단계는 분류기 학습 과정이다.

- **1단계(데이터베이스 수집):** 그림 2에서는 서울특별시의 가로수 수종현황을 도표로 보여주고 있다. 뽕나무, 이팝나무, 은행나무, 메타세콰이어, 버즘나무, 느티나무가 가로수종의 90%를 차지하고 있다. 따라서 이 연구에서는 6종류의 가로수에 대한 데이터베이스를 구축하고 각 가로수 수종마다 100장씩 수집한다. 가로수 상태로는 가로수 없는 도로 영상, 훼손된 가로수, 황화현상을 포함한다.

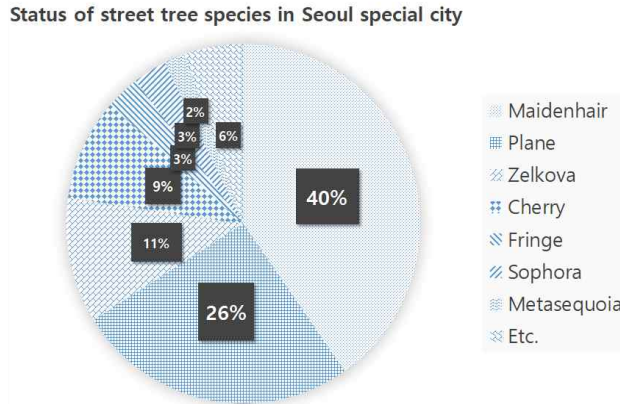


그림 2. 서울의 가로수 수종 현황
Fig. 2. Status of street tree species in Seoul

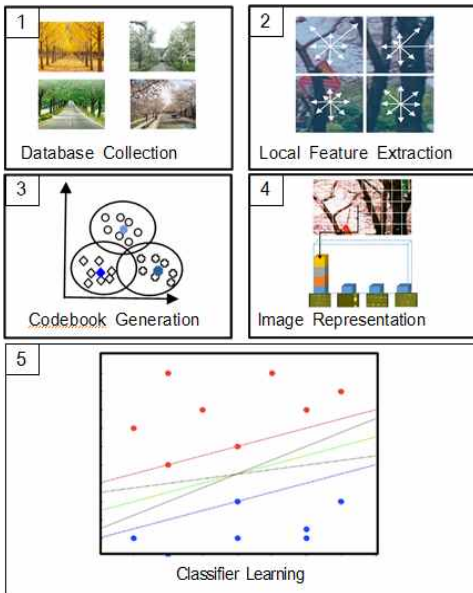


그림 3. 제안한 기법의 블록도
Fig. 3. Block diagram of the proposed method

가로수 영상을 얻기 위해 이 논문에서는 인터넷 검색을 통해서 각 부류 당 100장의 영상 수집한다[13].

- **2단계(국부 특징 검출):** 수집한 영상에서 공간적으로 균등한 샘플링 기법을 적용해서 각 샘플 당 밝기의 방향에 따른 에지의 크기를 128차원의 특징벡터로 표현한다.
- **3단계(코드북 생성):** 128차원의 특징 벡터 집합들을 군집화 하여 센터벡터를 얻는다. 이때 센

터벡터는 코드워드라 명칭하고 센터벡터의 집합을 코드북이라 일컫는다.

- **4단계(이미지 표현):** 코드북의 코드워드랑 각 영상의 샘플링 좌표에서 추출된 128차원의 국부 특징 벡터와의 거리를 비교하여 가까운 거리에 있는 코드워드에 빈도수를 증가시켜 히스토그램을 만든다.
- **5단계(분류기 학습과정):** 입력 테스트 영상이 주어진 경우, 가로수 영상의 수종과 상태를 분류하기 위해 4단계에서 추출된 시각 단어 가방 특징 벡터를 활용해서 분류기를 학습한다. 이때 사용된 분류기는 서포트 벡터 머신이다.

3.2 밀집 스케일 불변 특징 추출 단계

영상의 국부 특징을 추출하기 위해 밀집 스케일 불변 특징 변환(DSIFT, Denser Scale Invariant Feature Transform)이라는 기법을 사용한다. 밀집 스케일 불변 특징 변환이란 영상의 전체영역을 균등하게 나누어 샘플링 된 픽셀 위치에서 16x16 패치를 추출한 후, 각 픽셀 위치에서 수식 (1)과 같이 에지 크기를 계산하고 수식 (2)와 같이 에지 방향을 계산한다. 그런 후 16x16패치를 4x4패치로 16등분하고 각 4x4 패치에 대해서 앞에서 계산된 에지 방향을 8방향으로 양자화 한다. 따라서 총 128차원의 히스토그램 벡터를 얻게 된다[12].

$$m(x,y) = \sqrt{(L(x+1,y) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2} \quad (1)$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1}((L(x,y+1) - L(x,y-1)) / (L(x+1,y) - L(x-1,y))) \quad (2)$$

이 히스토그램 벡터가 바로 밀집 스케일 불변 특징 벡터이다. 그림 4는 가로수 영상에서 밀집 스케일 불변 특징 벡터를 추출하는 과정을 보여준다.

- **1단계:** 균등 샘플링 과정을 입력영상에 적용한 후, 각각의 샘플링 된 픽셀좌표에서 8×8패치를 추출한다.
- **2단계:** 각각의 8×8 패치에서 수식 (1)과 (2)를 활용하여 에지방향에 따른 크기를 계산한다.
- **3단계:** 8×8 패치를 4개의 4×4 패치로 나눈 후, 각 4×4 패치에서 8방향으로 양자화 된 에지 방향에 대한 에지의 크기를 누적한다.

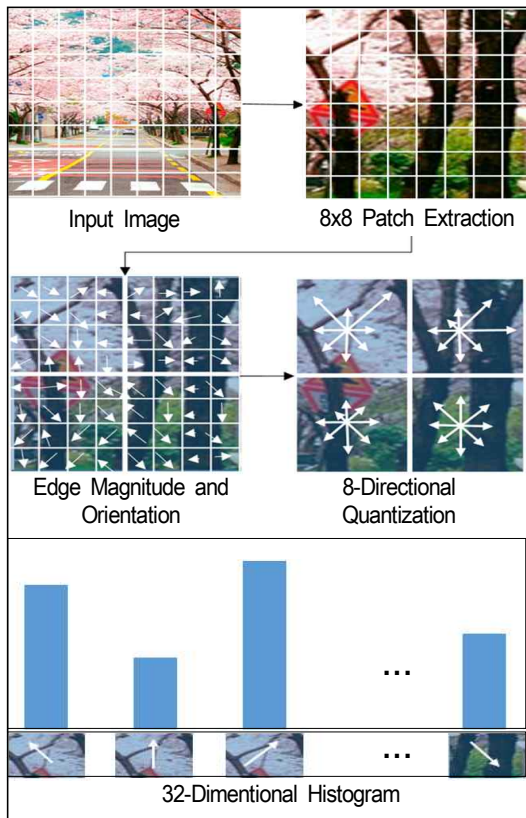


그림 4. 밀집 불변 스케일 특징 변환
Fig. 4. Denser scale invariant feature transform

- **4단계:** 각각의 4×4패치에서 획득된 8차원 히스토그램을 연결해서 총 32차원의 히스토그램을 만든다. 이 히스토그램이 밀집 불변 스케일 특징 벡터이다. 참고로 그림 4번은 단지 이해를 돕기 위해 32차원의 밀집 스케일 불변 특징 벡터를 예시로 보여주고 있다. 즉 이 실험에서는 입력영상에서 8×8패치를 추출하지 않고 16×16 패치를 추출한다. 따라서 밀집 불변 스케일 특징 변환은 최종 128차원의 히스토그램을 출력한다. 자세한 사항은 참고문헌 [12]를 읽어보기 바란다.

한편 촬영된 영상에서 동일한 객체일지라도 카메라의 각도 및 거리에 따라서 객체의 크기가 가변될 수 있다. 이러한 객체의 스케일에 불변적인 특징 추출을 위해, 이 논문에서는 멀티스케일 기법을 도입하였다. 여기서 멀티스케일이란 영상의 크기를 가변적으로 바꾸어 가면서 다양한 크기의 영상에서 특징을 추출하는 기법을 말한다. 이 논문에서는 총 9 단계의 스케일 값을 사용하였다. 즉 스케일 값을 $2^1, 2^{0.5}, 2^0, 2^{-0.5}, 2^{-1}, 2^{-1.5}, 2^{-2}, 2^{-2.5}, 2^{-3}$ 으로 가변하면서 입력 영상에서 밀집 불변 스케일 특징 벡터를 추출하였다.

3.3 코드북 생성 단계

그림 5에서는 코드북의 생성 과정을 보여준다. 그림 4에서 생성된 밀집 불변 스케일 특징 벡터 집합들을 K-평균 군집화(K-means Clustering) 알고리즘을 이용하여 4096개의 군집을 만든다[15].

군집에서 센터벡터(코드워드)를 뽑아 오른쪽 그림처럼 집합을 얻는다. 여기서 코드워드의 집합을 코드북이라 정의한다. 즉, 이 단계에서는 구체적인 영상의 시각 단어를 뽑아 시각 단어 사전을 구성하는 단계이다.

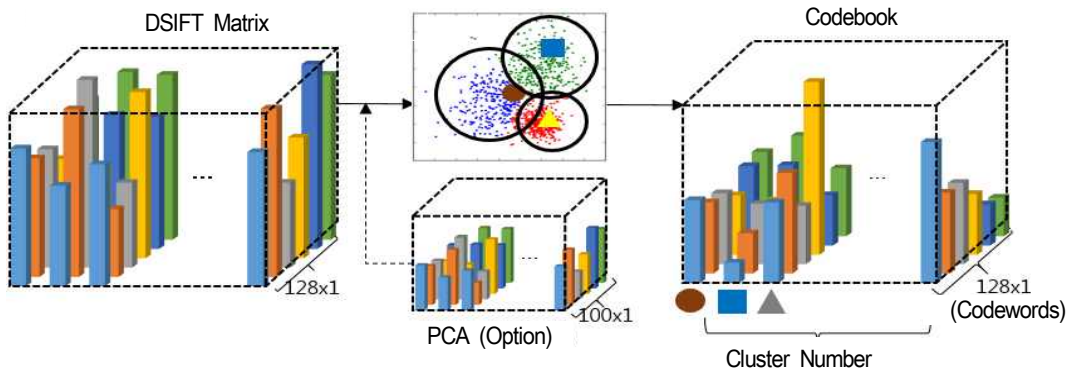


그림 5. 코드북 생성 단계
Fig. 5. Codebook generation step

그림 4에서 주성분 분석(Principal Component Analysis)은 선택사항이며 벡터의 차원이 클 때 차원을 줄이기 위해서 사용이 된다. 예를 들면 주성분 분석을 사용하게 되면 128차원 특징벡터를 100차원으로 축소할 수 있다[16].

3.4 시각 단어 가방 생성 단계

그림 6은 시각 단어 가방 생성 과정을 보여준다. 예를 들어 뱃나무 영상이 주어진 경우, 각 샘플 위치에서 밀집 스케일 불변 특징 벡터를 추출하여 코드북의 코드워드와 유클리드 거리를 계산하여 가까운 거리에 있는 코드워드의 빈도수를 증가시켜 히스토그램을 만든다.

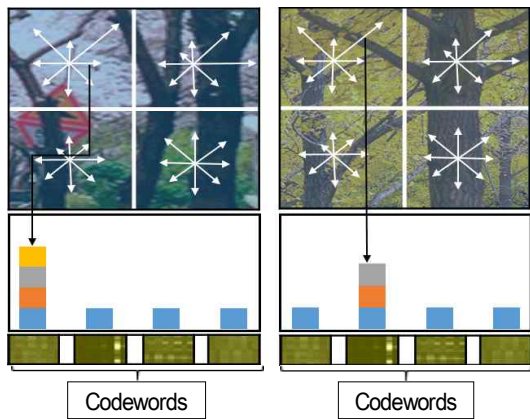


그림 6. 시각 단어 가방 생성 단계
Fig. 6. Bag of visual words generation step

이 과정을 모든 샘플링 된 픽셀 좌표에 적용하면 시각 단어 가방이라 불리는 특징 벡터가 된다. 즉, 가로수를 구별할 수 있는 특징을 히스토그램으로 모델링하는 단계이다. 그림 6을 보면 왼쪽 뱃나무 영상에서는 첫 번째 코드워드의 빈도수가 많고 반면에 오른쪽 은행나무 영상에서는 두 번째 코드워드의 빈도수가 많은 것을 볼 수 있다. 이는 첫 번째 코드워드는 뱃나무를 잘 표현하는 시각 단어이고, 두 번째 코드워드는 은행나무를 잘 표현하는 시각 단어인 것을 알 수 있다[12].

3.5 분류기 학습 단계

시각 단어 가방 생성 단계까지 과정이 완료되면 시각 단어 가방 특징 추출 과정이 종료된다. 하지만 입력 영상이 주어질 경우 이 영상이 어디에 속하는지를 판단하기 위해 분류기를 학습해야 한다. 분류기를 학습하는 기법은 여러 가지 있지만 제안한 기법에서는 서포트 벡터 머신을 이용하여 분류기를 학습한다[17].

그림 7은 분류기의 학습과정을 보여준다. 각 부류 별로 시각 단어 가방으로 모델링한 특징 벡터에 라벨 값을 할당해서 훈련 데이터 집합을 구성한다. 이때 일 대 다(One-against-All) 방식을 채택한다. 다시 말하면, 분류하고자 하는 부류는 라벨 값을 '1'로 할당하고 나머지 모든 부류의 라벨 값을 '-1'로 할당한다. 그리고 이 데이터 집합을 서포트 벡터 머신에 입력으로 주어 파라미터를 학습한다.

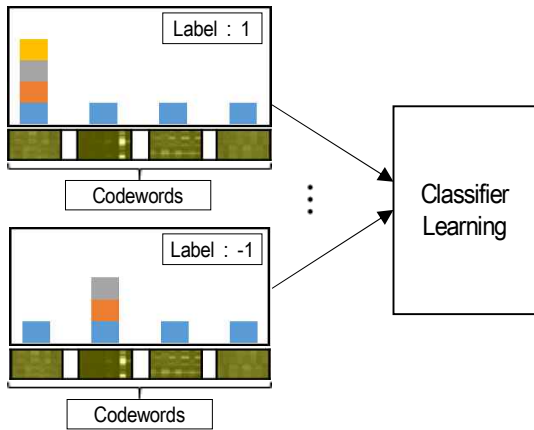


그림 7. 분류기 학습 단계
Fig. 7. Classifier learning step

IV. 실험 결과

4.1 실험 환경

그림 8은 이 실험에 사용된 데이터베이스를 보여 주고 있다. 이 연구에서 눈여겨 볼 사항은 가로수종류뿐만 아니라 황화현상이나 훼손된 가로수 및 가로수 없는 도로도 포함되어 있다는 사실이다. 9종류의 범주를 분류하기 위해 부류 당 100장의 영상에서 50장은 훈련 집합으로 나머지 50장은 테스트 집합으로 사용하였다. 코드워드 개수는 총 4096개이고 멀티스케일 기반의 밀집 불변 특징 변환에서 사용된 총 스케일의 수는 9개이다. 실험을 위한 시스템 환경은 다음과 같다.

- 운영 체제 : Windows 7 Professional K
- 시스템사양 : Intel(R) Core(TM) i5-4690 3.50GHz
- RAM : 16.00GB
- 개발 도구 : MATLAB a2017b

4.2 실험 결과

그림 9는 코드워드 벡터를 시각적으로 표현한 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 다양한 패턴들이 존재하는 것을 알 수 있다. 이는 다양한 가로수종의 잎사귀와 같은 텍스처를 잘 표현할 수 있음을 말해 준다[12].



그림 8. 데이터베이스
Fig. 8. Database

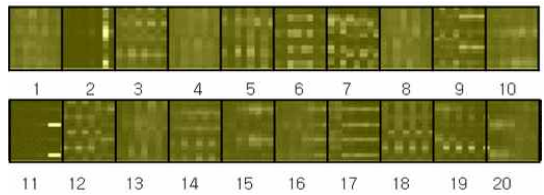


그림 9. 코드워드 시각화
Fig. 9. Visualization of codewords

한편 이 논문에서 제안한 기법의 성능을 평가하기 위해, 영상분류 분야에서 많이 사용되는 정인식률 척도를 사용하였다. 정인식률이란 총 테스트 영상 개수에서 올바르게 인식된 영상 개수의 비율을 말한다[18][19]. 제안된 시각 단어 기반의 가로수종 및 상태 인식 기법은 약 78%의 정인식률을 달성하였다.

표 1은 정인식률에 대한 좀 더 세부적인 분석을 위해 혼동행렬 결과를 보여주고 있다. 혼동행렬에서 색깔이 있는 대각선은 부류 별 정인식률을 나타낸다. 표 1에서 보듯이, 부류 별 정인식률이 가장 낮게 나온 가로수종은 버즘나무와 느티나무이다. 이러한 이유는 버즘나무와 느티나무의 잎사귀 모양과 색상이 유사하기 때문인 것으로 분석된다.

표 2는 코드워드 수에 따른 정인식률의 결과 추이를 보여준다. 코드워드의 개수가 16개, 64개, 256개, 1024개로 증가할 때에 정인식률의 결과도 증가

하는 것을 볼 수 있다. 반면에 4096개와는 성능 차이가 미비한 것을 볼 수 있다. 따라서 이 논문에서는 코드워드의 개수를 4096개로 사용하였다. 참고로 코드워드의 개수를 4096개 이상으로 실험했을 때에는 메모리 부족 현상으로 결과를 도출할 수 없었다.

표 1. 혼동행렬
Table 1. Confusion matrix

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.72 | 0.02 | 0.18 | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0 | 0.02 |
| 2 | 0 | 0.74 | 0 | 0.02 | 0.08 | 0.06 | 0 | 0.02 | 0.08 |
| 3 | 0.04 | 0 | 0.88 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 0.04 | 0.02 |
| 4 | 0 | 0.02 | 0 | 0.86 | 0.06 | 0.06 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.02 | 0 | 0.02 | 0.04 | 0.68 | 0.22 | 0 | 0 | 0.02 |
| 6 | 0 | 0.06 | 0.04 | 0 | 0.22 | 0.66 | 0 | 0.02 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 0.9 | 0.08 | 0 |
| 8 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.82 | 0.06 |
| 9 | 0 | 0.1 | 0.04 | 0 | 0.02 | 0 | 0.02 | 0.1 | 0.72 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

※ 1 : Cherry, 2 : Fringe, 3 : Maidenhair,
4 : Metasequoia, 5 : Plane, 6 : Zelkova,
7 : Background, 8 : Damaged Trees, 9 : Etiolation

표 2. 코드워드 수에 따른 정인식률 변화
Table 2. Change of the correct recognition rate, according to the number of codewords

| Number of codewords | 16 | 64 | 256 | 1024 | 4096 |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|------|
| Correct recognition rate | 37% | 61% | 70% | 78% | 78% |

V. 결론 및 향후 과제

이 논문에서는 시각 단어 가방 기반의 가로수 종류 및 상태인식 기법을 제안하였다. 제안한 기법의 실험결과는 약 78%의 정인식률을 달성하였다. 이는 시각 단어 가방으로 추출된 코드워드가 다양한 패턴을 갖고 있기 때문에 다양한 가로수를 표현 가능한 것으로 분석된다. 또한 이 논문에서는 기존 연구와 다르게 황화 현상이나 훼손된 가로수도 인식 가능한 것으로 보여 주었다. 그리고 이 논문에서 사용된 가로수 수종 데이터베이스와 성능 결과는 향후 평가 지표로 활용이 가능할 것으로 보인다.

향후 연구로는 다양한 가로수 질병, 예로 들어 세균성 잎반점병(Bacterial leaf spot), 콩점무늬병

(Frog eye leaf spot), 자외선 화상(Sun burn disease), 진균 질환(Fungal disease) 등과 같은 잎사귀 질병도 가로수 영상에서 검출할 수 있는 기법을 개발할 예정이다. 그리고 입력 영상에서 가로수의 수종이 다종일 경우 가로수의 수종 인식 기법에 대해 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] S. J. Oh, H. S. Kang, C. H. Shin, C. S. Kim, Y. H. Yang, and S. C. Ko, "Analysis of CO₂ fixation capacity in leaves of several roadside trees on jeju island", The Plant Resources Society of Korea, pp. 63-63, May 2012.
- [2] H. C. Sung, S. H. Min, and D. M. Moon, "A study on the planting & management of roadside tree in kyonggi-do", Gyeonggi Research Institute, pp. 3-14, Sep. 2002.
- [3] Doopedia, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1269421&cid=40942&categoryId=32412>. [Accessed: Dec. 04, 2017]
- [4] Forest service, <http://116.67.84.152/forest/#/stats/general/7-10>. [Accessed: Dec. 04, 2017]
- [5] Korean farmers' fisherman's newspaper, <http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=106405>. [Accessed: Dec. 04, 2017]
- [6] E. M. Kim, Y. Lee, M. S. Kang, and I. H. Kim, "Construction of high-tech roadside trees management system using RFID", GIS/RS Joint Spring Conference, pp. 106-111, May 2006.
- [7] N. Kumar, P. N. Belhumeur, A. Biswas, D. W. Jacobs, W. J. Kress, I. C. Lopez, and J. V. B. Soares, "Leafsnap: a computer vision system for automatic plant species identification", European Conference on Computer Vision, Vol. 7573, pp. 502-516, Oct. 2012.
- [8] M. Dyrmann, H. Karstoft, and H. S. Midtiby, "Plant species classification using deep convolutional neural network", Biosystems Engineering, pp. 72-80, Nov. 2016.

[9] S. H. Lee, C. S. Chan, S. J. Mayo, and P. Remagnino, "How deep learning extracts and learns leaf features for plant classification", Pattern Recognition, Vol. 71, pp. 1-13, Nov. 2017.

[10] V. Singh and A. K. Misra, "Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques", Information Processing in Agriculture, Vol. 4, pp. 41-49, Mar. 2017.

[11] M. L. Clark, D. A. Roberts, and D. B. Clark, "Hyperspectral discrimination of tropical rain forest tree species at leaf to crown scales", Remote Sensing of Environment, Vol. 96, pp. 375-398, Jun. 2005.

[12] S. Lazebnik, C. Schmid, and J. Ponce, "Beyond bags of features: spatial pyramid matching for recognizing natural scene categories", IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2169-2178, Oct. 2006.

[13] 27th Info-graphics seoul institute, <https://www.si.re.kr/node/408>. [Accessed: Dec. 04, 2017]

[14] J. Yang, K. Yu, Y. Gong, and T. Huang, "Linear spatial pyramid matching using sparse coding for image classification", IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1794-1801, Aug. 2009.

[15] S. P. Lloyd, "Least squares quantization in PCM", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 28, No. 2, pp. 129-137, Mar. 1982.

[16] I. T. Jolliffe, "Principal component analysis and factor analysis", In: Principal Component Analysis. Springer Series in Statistics. Springer, pp. 150-166, 1986.

[17] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-vector networks", Machine Learning, Vol. 20, No. 3, pp. 273-297, Feb. 1995.

[18] Y. E. Lee, A. E. An, J. H. Chun, and J. A. Park, "Platform implementation for developing a mobile content-based image retrieval application", The Journal of Korean Institute of Information

Technology, Vol. 15, No. 11, pp. 1-8, Nov. 2017.

[19] I. S. Oh, "Pattern recognition", Kyobo, pp. 12-15, Aug. 2008.

저자소개

김 찬 중 (Chanjung Kim)



2018년 2월 : 군산대학교
소프트웨어융합공학과(공학사)
관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리,
사물인터넷, 프로그래밍

손 창 환 (Chang-Hwan Son)



2002년 2월 : 경북대학교
전자전기공학부(공학사)
2004년 2월 : 경북대학교
전자공학과(공학석사)
2008년 8월 : 경북대학교
전자공학과(공학박사)
2008년 8월 ~ 2009년 12월 :
삼성전자 프린팅사업부 책임연구원
2015년 3월 ~ 2017년 2월 : 캐나다 Ryerson 대학교
포닥연구원
2017년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 소프트웨어융합공학과
조교수
관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, 기계학습, 딥러닝

정 동 원 (Dongwon Jeong)



1997년 2월 : 군산대학교
컴퓨터과학과(이학사)
1999년 2월 : 충북대학교
전자계산학과(이학석사)
2004년 2월 : 고려대학교
컴퓨터학과(이학박사)
2005년 4월 ~ 현재 : 군산대학교
통계컴퓨터과학과, 소프트웨어융합공학과 교수
관심분야 : 데이터공학, 사물인터넷