

시각장애인을 위한 라즈베리 파이 기반 지폐 인식기 개발

Development of a Raspberry Pi-based Banknote Recognition System for the Visually Impaired

이지완(Jiwan Lee)*, 안지후(Jihoo Ahn)**, 이기용(Ki Yong Lee)***

초 록

한화 지폐는 그 크기들이 비슷하고 지폐가 오래되면 점자 부분이 마모된다. 이로 인해 촉각만을 이용해 지폐를 구분하는 시각장애인들은 한화 지폐를 인식하는데 어려움을 느끼며, 잘못된 인식으로 인해 경제적 손실을 입을 수도 있다. 지폐를 인식하는 유사 시스템은 이미 존재하나 기존 시스템은 한화 지폐를 인식하지 못하며, 모바일 애플리케이션으로 구현되어 있어 사실상 시각장애인들이 사용하기에 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 한화 지폐를 인식할 수 있으며, 시각장애인들이 사용하기에 편리한 라즈베리 파이 기반 지폐 인식기를 개발한다. 본 지폐 인식기는 간단한 동작만으로 인식을 시작하며 시각장애인들에게 음성으로 인식 결과를 알려준다. 특히 성능에 직접적인 영향을 미치는 특징 추출 알고리즘을 선택하기 위해 본 연구에서는 대표적인 특징 추출 알고리즘인 SIFT, SURF, ORB의 성능을 실제 비교하였다. 다양한 실제 환경에서의 실험을 통해, 본 논문에서는 95%의 인식률로 가장 좋은 정확도를 보이는 SIFT를 시스템 구현에 채택하였다.

ABSTRACT

Korean banknotes are similar in size, and their braille tend to worn out as they get old. These characteristics of Korean banknotes make the blind people, who mainly rely on the braille, even harder to distinguish the banknotes. Not only that, this can even lead to economic loss. There are already existing systems for recognizing the banknotes, but they don't support Korean banknotes. Furthermore, because they are developed as a mobile application, it is not easy for the blind people to use the system. Therefore, in this paper, we develop a Raspberry Pi-based banknote recognition system that not only recognizes the Korean banknotes but also are easily accessible by the blind people. Our system starts recognition with a very simple action of the user, and the blind people can hear the recognition results by sound. In order to choose the best feature extraction algorithm that directly affects the performance of the system, we compare the performance of SIFT, SURF,

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2015R1C1A1A02037071).

* First Author, Division of Computer Science, Sookmyung Women's University(jiwan95@sookmyung.ac.kr)

** Co-Author, Division of Computer Science, Sookmyung Women's University(zhoo1224@sookmyung.ac.kr)

*** Corresponding Author, Research Institute of ICT Convergence & Division of Computer Science, Sookmyung Women's University(kiyonglee@sookmyung.ac.kr)

Received: 2018-01-23, Review completed: 2018-03-22, Accepted: 2018-04-07

and ORB, which are representative feature extraction algorithms at present, in real environments. Through experiments in various real environments, we adopted SIFT to implement our system, which showed the highest accuracy of 95%.

키워드 : 지폐 인식, 시각장애인, 라즈베리 파이, SIFT, SURF, ORB

Banknote Recognition, Visually Impaired, Raspberry Pi, SIFT, SURF, ORB

1. 서 론

시각장애인들은 사물에 대한 정보를 받아들일 때 시각을 제외한 다른 감각기관에 의존하는데, 주로 청각과 촉각을 사용한다. 그러나 이렇게 두 감각만을 이용해 얻는 정보만으로는 사물을 정확하게 인지하는데 한계가 있으며, 특히 지폐 식별의 어려움은 널리 알려져 있다.

시각장애인들은 지폐 식별을 위해 지폐에 표기된 점자와 크기 비교를 이용한다. 지폐의 점자는 금액별로 차이를 두어 표기되었는데, 시간이 흐를수록 마모현상이 발생하게 되어 결국 인식이 어렵게 된다. 또 다른 방법인 지폐의 크기 비교는 실제 한화 지폐의 경우 6mm라는 미세한 차이만 있어 사실상 불가능하며 시간 또한 오래 걸린다. 이는 시각장애인들에게 금전적인 손해를 종종 발생시키는데, 실제로 지난 2007년 전남 점자도서관에서 시각장애인 115명을 대상으로 설문조사를 진행한 결과 지폐를 잘못 구분해 사용하여 손해를 본 일이 있었냐는 질문에 대다수인 72명이 '있다'라고 응답하였다[8].

이러한 문제들을 해결하기 위해 해외에서는 모바일 애플리케이션의 형태로 개발된 지폐 인식 시스템들이 이미 존재한다. 그러나 한국에서는 아직까지 지폐 인식 시스템이 존재하지 않으며, 모바일 애플리케이션 형태의 인터페이스는 시각장애인들이 사용하기에 불편하다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 한화 지폐

를 인식할 수 있으며, 시각장애인들이 사용하기에 편리한 라즈베리 파이 기반의 지폐 인식기를 개발한다. 본 지폐 인식기는 간단한 동작만으로 인식을 시작하며 시각장애인들에게 음성으로 인식 결과를 알려준다.

본 지폐 인식기의 지폐 인식 기능은 특징 추출(feature extraction)과 특징 매칭(feature matching) 두 단계로 진행된다. 특징 추출은 지폐 이미지로부터 특징점을 검출하여 기술자(descriptor)를 생성하는 단계이며, 특징 매칭 단계에서는 앞 단계에서 생성한 기술자들을 비교하여 지폐의 금액을 알아낸다. 본 논문에서는 특히 인식 성능에 직접적인 영향을 미치는 특징 추출 알고리즘을 선택하기 위해, 대표적인 특징 추출 알고리즘인 SIFT, SURF, ORB의 성능을 실제 비교하였다. 다양한 실제 환경에서의 실험을 통해, 본 논문에서는 95%의 인식률로 가장 좋은 정확도를 보이는 SIFT를 시스템 구현에 채택하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 논문에서 개발한 지폐 인식기와 유사한 기능을 가진 기존 애플리케이션들을 살펴본다. 제 3장에서는 본 지폐 인식기의 개요를 소개하고, 구현 기술을 특징 추출과 특징 매칭으로 나누어 자세히 설명한다. 제 4장에서는 다양한 실제 환경에서 수행된 특징 추출 알고리즘들의 성능 평가 결과를 보이며, 제 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 유사 애플리케이션 현황

본 논문에서 개발한 지폐 인식기와 유사한 기능을 가진 애플리케이션으로는 iOS 기반의 “LookTel Money[18]”가 있다. Sudol et al.[18]은 US Dollar, Euro 등 여러 국가들의 화폐들을 식별해주지만 현재 한화 지폐는 지원하지 않는다. 또 다른 유사 애플리케이션으로는 “Google Goggles[4]”가 있다. Diaz[4]는 Sudol et al.[18]과 다르게 주 기능이 지폐 인식이 아니라 이미지 검색으로, 한화 지폐도 인식이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 두 경우 모두 스마트폰 기반의 애플리케이션 형태로서 화면을 볼 수 없는 시각장애인들이 사용하기에는 불편함이 있다. 이에 비해 본 논문에서 개발한 지폐 인식기는 라즈베리 파이 기반의 임베디드 시스템으로, 간단한 조작만으로도 한화 지폐를 식별할 수 있다는 장점이 있다.

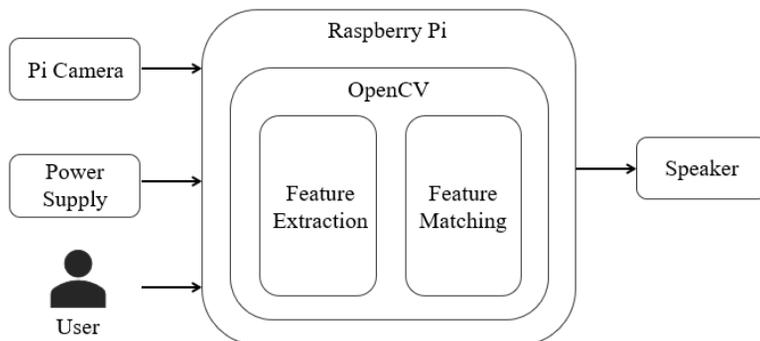
3. 라즈베리 파이 기반 지폐 인식기 개발

본 장에서는 본 논문에서 개발한 라즈베리 파이 기반 지폐 인식기에 대해 상세히 설명한다.

3.1 개요

본 논문에서 개발한 지폐 인식기는 시각장애인을 위한 것으로, 시각장애인 입장에서 사용하기 쉽도록 고안된 것이 특징이다. 단, 본 지폐 인식기는 지폐 간 구분이 목적이며 위조 지폐 판별 기능은 제공하지 않는다. 본 지폐 인식기는 모바일 애플리케이션이 아니라 버튼만으로 쉽게 조작이 가능한 라즈베리 파이의 독립 디바이스 형태라는 점과 한화 지폐를 인식한다는 점에서 기존 유사 지폐 인식기와는 차이가 있다.

<Figure 1>은 본 논문에서 개발한 지폐 인식기의 시스템 아키텍처를 나타낸다. 본 지폐 인식기는 보조 배터리 등으로 전원이 공급된 후, 사용자가 버튼을 누르면 지폐 인식을 시작한다. 지폐 인식을 위해 우선 라즈베리 파이의 카메라 모듈인 파이 카메라(Pi Camera)로 지폐를 촬영한다. 이후 특징 추출(feature extraction)과 특징 매칭(feature matching) 두 단계를 거쳐 지폐를 인식하며, 이들 기능은 모두 OpenCV 라이브러리로 구현되었다. 인식 결과는 연결된 출력기기(이어폰 또는 스피커)를 통해 사용자에게 음성으로 전달된다.



<Figure 1> System Architecture

3.2 지폐 인식

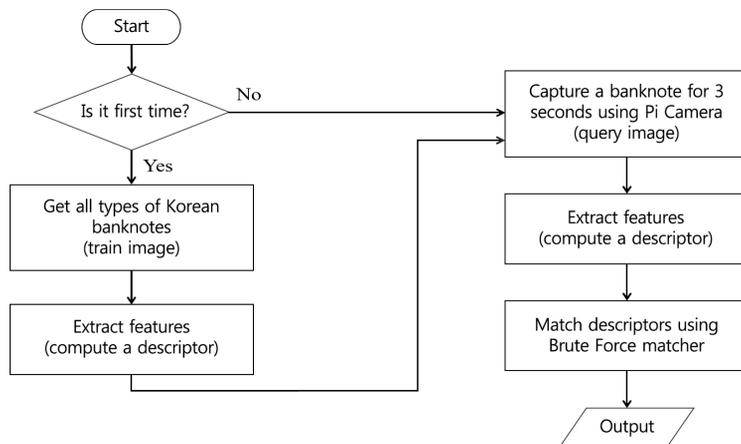
본 논문에서 개발한 지폐 인식기의 지폐 인식 기능은 특징 추출과 특징 매칭 두 부분으로 구성된다. 특징 추출은 지폐 이미지에서 검출된 특징으로부터 기술자(descriptor)를 생성하는 부분이다. 특징 매칭은 특징을 담고 있는 기술자들을 서로 매칭시켜서 비교하는 부분으로, 비슷한 특징을 갖고 있는 물체를 찾아낼 수 있다. 금액을 모르는, 새로 입력된 지폐 이미지의 기술자와 4가지 한화 지폐들(1,000원, 5,000원, 10,000원, 50,000원)의 기술자를 비교하여 가장 일치하는 지폐를 찾는다.

<Figure 2>는 지폐 인식 기능의 진행 흐름을 나타내는 순서도이다. 전원이 공급된 후 장치의 부팅(booting)이 진행되면, 장치에 미리 저장되어 있는 4가지 지폐들의 이미지로부터 특징을 추출하고, 추출된 기술자들을 메모리에 적재한다. 이들은 지폐 인식을 위한 훈련 이미지(train image)에 해당한다. 부팅이 완료된 후 사용자가 인식 버튼을 누르면, 파이 카메라로부터 3초 동안 프레임을 받아오면서 화면에 잡힌 각 이미지

에 대하여 특징 추출을 진행한다. 이 이미지는 지폐 인식을 위한 질의 이미지(query image)에 해당한다. 이후 질의 이미지의 기술자를 훈련 이미지들의 기술자와 모두 비교하여 최종 인식 결과를 도출한다. 훈련 이미지의 기술자 추출 과정은 부팅 시 한 번만 진행하며, 이후부터는 메모리에 적재시킨 기술자를 재사용한다.

3.2.1 특징 추출

특징 추출은 주어진 이미지에서 대표하는 특징을 추출하는 작업으로, 주로 물체 인식이나 영상의 정합(image stitching) 등 다양하게 응용되고 있다[3, 6, 17]. 본 논문 또한 특징 추출 알고리즘을 이용해서 지폐를 인식하며, 지폐 이미지의 대표적인 특징들을 나타내는 기술자를 생성한다. 기술자는 검출된 특징점들(keypoints)마다 위치뿐만 아니라 크기, 방향 등 주변 구역 정보도 함께 갖고 있는데, 이는 회전, 조명, 크기에 변함없는 비교를 가능하게 한다. 현재 대표적인 특징 추출 알고리즘에는 SIFT, SURF, ORB가 있다. 본 논문에서는 이들의 성능을 실제 환경에서 평가하여, 지폐 인식 응용에서 최고의



<Figure 2> Banknote Recognition Flowchart

성능(인식 정확도)을 보이는 알고리즘을 시스템 구현에 채택하도록 한다. 제 4.2절에서는 이들에 대한 성능 평가 결과를 보이며, 본 절에서는 SIFT, SURF, ORB를 자세히 설명한다.

3.2.1.1 SIFT

SIFT(Scale Invariant Feature Transform)는 이미지의 특징을 검출하고 기술하는 알고리즘으로, David Lowe가 제안하였다[11, 12]. 초기의 특징점 검출 방법인 해리스 코너 검출기(harris corner detector)는 코너를 특징점으로 검출하는데, 이미지의 크기 변화에 취약하다는 단점이 있다[5]. 이미지의 크기 변화에도 안정적으로 검출하기 위해, SIFT는 스케일 공간(scale space)에서 극값(extrema)을 특징점으로 고려한다[10].

SIFT 알고리즘은 총 네 단계로 진행되며, 앞 두 단계는 특징점 검출, 나머지 두 단계에서는 기술자를 생성한다. 기존 특징점 검출 방법들 중, LoG(Laplacian of Gaussian)는 가장 정확도 높은 특징을 검출하는데[13], Lowe는 LoG에 근사하지만 속도가 빠른 DoG(Difference of Gaussian)를 이용해서 검출하는 것을 제안한다[12]. DoG으로부터 생성한 스케일 공간에서 극값을 후보 특징점으로 검출한 후, 낮은 대비를 갖는 특징점들을 정제하는 등 특징점의 정확도를 높인다. 이후 정제된 특징점들에 대해서 일정한 방향성을 할당하고, 검출한 특징점들을 기반으로 벡터 형태의 기술자를 생성한다. 나머지 두 단계로부터 회전이나 조명 등 기타 변화 요소에도 안정적으로 매칭을 가능하게 한다. <Figure 3>은 실제 5만 원권 지폐에 대해 SIFT로 생성한 기술자의 특징점들을 나타낸 사진이다.

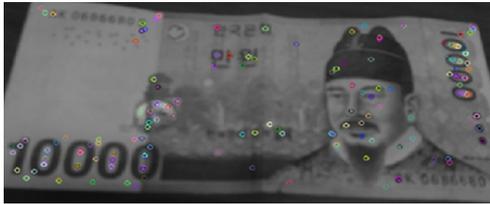


<Figure 3> Keypoints Detected by SIFT

3.2.1.2 SURF

SURF(Speeded Up Robust Features)는 크기, 회전 등의 변화 요소에 변함없이 일정하게 특징을 추출하는 알고리즘으로, Herbert Bay가 제안하였다[1]. 기존의 특징 추출 알고리즘들 중 SIFT는 가장 높은 정확도로 특징을 추출해내지만, 수행 속도가 중요한 응용에 대해서는 좀 더 빠를 필요가 있다. 실제로 SURF는 SIFT보다 약 2배 이상 빠른 속도를 보인다[14].

SURF 알고리즘은 특징점을 검출한 후 기술자를 생성한다. 헤시안 행렬(Hessian matrix)을 기반으로 특징점을 검출하며, 이때 적분 이미지(integral image)를 이용해서 검출 속도를 높인다(Fast-Hessian Detector). 스케일 공간 생성 또한 속도를 높이기 위해, 가우시안 필터를 근사화한 박스 필터(box filter)를 사용하여 생성한다. 이후 특징점마다 Haar 웨이블릿(Haar wavelet responses)을 계산하며, 이를 기반으로 방향성을 할당하고 기술자를 생성한다. Bay는 회전 변환을 고려하지 않아 빠른 속도로 계산 가능한 U-SURF(Upright SURF)를 동시에 제안하였다. U-SURF는 방향성 할당 부분만 제외되고 나머지는 SURF와 동일하다. 다음 <Figure 4>는 실제 만원권 지폐에 대해 SURF로 생성한 기술자의 특징점들을 나타낸 사진이다.

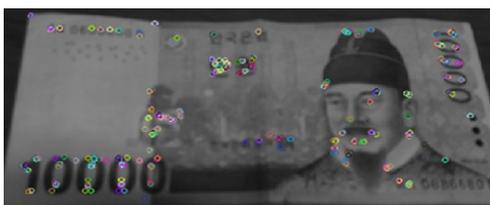


<Figure 4> Keypoints Detected by SURF

3.2.1.3 ORB

Ethan Rublee가 제안한 ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)는 기존의 특징점 검출기와 기술자 생성기를 병합하였다[16]. 특징점 검출은 FAST-9를, 기술자 생성은 BRIEF를 기반으로 한다[2, 15]. ORB는 SIFT보다 정확도는 좋지 않지만 최소 10배 이상 빠른 속도를 보인다[7].

ORB는 코너 검출기인 FAST-9로 코너를 특징점을 검출한다. 검출된 특징점들을 코너 정도 (cornerness)로 정렬하기 위해, FAST-9에 헤리스 코너 측정 방법을 추가하였다[5]. 또한 크기 변화에도 불변하기 위해 스케일 공간을 생성하였으며, 각 특징점마다 중심점(intensity centroid) 방법으로 방향성을 할당한다(oFAST). 이후 검출한 특징점을 기반으로 BRIEF를 이용해서 기술자를 생성한다. 기존의 BRIEF는 이미지의 회전 변화에 민감하다는 단점이 있다. Rublee는 특징점의 각도에 대해서 BRIEF를 회전시키는 방법으로 기술자를 생성한다(rBRIEF). <Figure 5>는 실제 만원권 지폐에 대해 ORB로 생성한 기술자의 특징점들을 나타낸 사진이다.

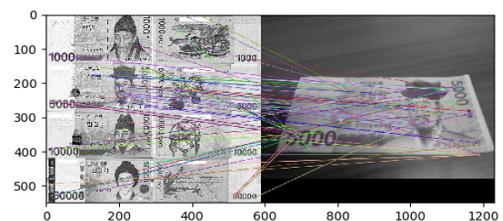


<Figure 5> Keypoints Detected by ORB

3.2.2 특징 매칭

특징 매칭은 비슷한 특징점들을 서로 매칭시키는 부분이다. 앞서 특징 추출 단계에서 생성한 기술자들을 비교하여 진행되는데, 파이 카메라로 촬영된 이미지들에 대한 특징과 가장 일치하는 특징을 가진 한화 지폐를 찾는다. 이를 위해 본 논문에서는 전수 조사(brute force) 알고리즘을 사용하였다.

전수 조사 알고리즘은 가능한 모든 경우를 일일이 전부 탐색해 매치하여 정확성을 보장하지만 그만큼 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 하지만 본 논문에서는 비교하는 데이터 셋의 크기가 작으며, 정확한 매치에 중점을 두고 있으므로 전수 조사 알고리즘을 사용하였다. 본 논문에서 개발한 시스템에서 전수 조사 알고리즘으로 실제 매칭 1회에 걸리는 시간을 측정한 결과 단 0.15초에 불과했다. 이는 정확성을 보장해 주는 한편 충분히 수용 가능한 시간이다. <Figure 6>은 지폐의 특징점들을 전수 조사 알고리즘으로 매칭시키는 예를 보여주는 사진이다.



<Figure 6> Keypoints Matching Using the Brute-Force Algorithm

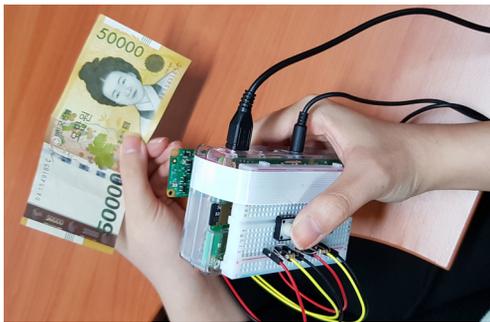
4. 실험 결과

본 논문에서는 지폐 인식기의 성능을 최대화하기 위해 지폐 인식기의 성능에 가장 큰 영향

을 미치는 여러 특징 추출 알고리즘들을 고려한다. 본 장에서는 이를 위해 제 3.2.1절에서 설명한 현재 대표적인 특징 추출 알고리즘인 SIFT, SURF, ORB의 성능을 비교한 결과를 보인다. 본 논문에서는 실험 결과 본 응용에 가장 좋은 성능을 보이는 알고리즘을 시스템 구현에 사용하였다. 본 장에서는 다양한 실제 환경에서 이들의 정확도를 평가한 실험 결과를 보인다.

4.1 실험 환경 및 방법

본 논문에서 개발한 지폐 인식기는 라즈베리 파이 3 모델 B를 사용하였으며, 라즈베리 파이 권장 운영체제인 Raspbian Jessie 환경에서 Open CV 3.3.0 라이브러리와 Python 2.7을 이용하여 구현되었다. <Figure 7>은 본 논문에서 개발한 라즈베리 파이 기반 지폐 인식기로 지폐를 인식하는 모습을 보여주는 사진이다.



<Figure 7> Recognizing the Money Using Our Developed Banknote Recognition System

지폐 인식기가 지폐를 인식할 때 영향을 미치는 외적인 요소로는 (1) 회전, (2) 조명, (3) 크기가 있다. 위 세 가지 요소를 변수로 설정하여, 특징 추출 알고리즘 SIFT, SURF, ORB의

성능 평가를 실시한다. 성능 측정 기준은 정확히 판별된 지폐의 비율로 한다. 지폐 인식은 3초 동안 진행하며, 특징 매칭은 전수 조사 알고리즘을 사용한다. 정확한 실험 결과를 얻기 위해 다음과 같은 조건 하에서 인식률을 측정하였다.

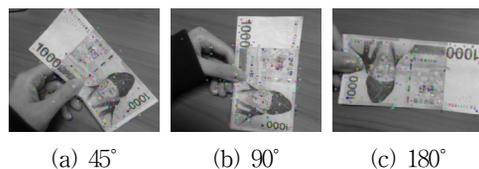
- 조건을 달리할 때마다 4종류 각 금액별로 앞면 3회, 뒷면 3회씩 총 24회를 측정한다.
- 조작 변인이 지폐의 회전 정도가 아닌 경우, 정위치를 유지한다.
- 조작 변인이 조명이 아닌 경우, 조명은 일반 사무실의 조도(150~300lx)를 유지한다.
- 조작 변인이 지폐의 크기가 아닌 경우, 촬영 거리는 15cm를 유지한다.

4.2 실험 결과

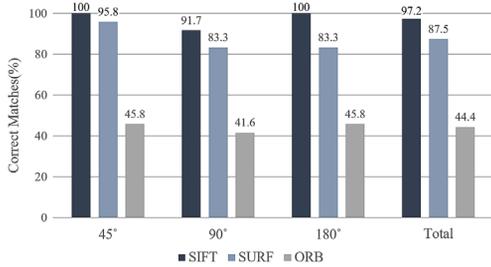
본 절에서는 제 4.1절의 실험 방법으로 실시한 실험 결과를 (1) 회전 변화, (2) 조명 변화, (3) 크기 변화 순으로 나타낸다.

4.2.1 회전 변화

<Figure 8>은 조명과 지폐 크기를 동일하게 유지시키면서 지폐의 회전 정도만 변화시킨 실험의 모습을 보여준다. <Figure 9>는 회전 정도 변화에 대한 특징 추출 알고리즘별 지폐 인식률을 나타낸다.



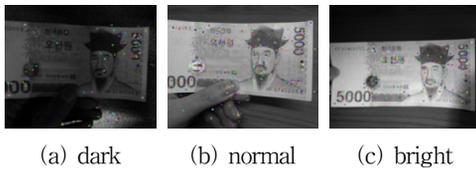
<Figure 8> Test Cases for Rotational Invariance



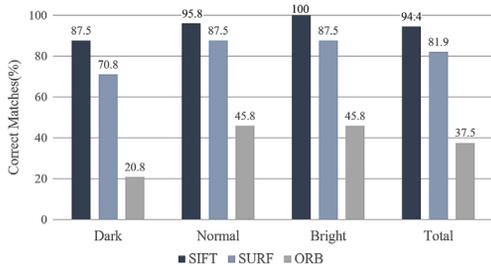
〈Figure 9〉 Evaluation Results for Rotational Invariance

4.2.2 조명 변화

〈Figure 10〉은 지폐의 회전 정도와 크기를 동일하게 유지시키면서 촬영 장소의 조명만 변화시킨 실험의 모습을 보여준다. 〈Figure 11〉은 조명 변화에 대한 특징 추출 알고리즘별 지폐 인식률을 나타낸다.



〈Figure 10〉 Test Cases for Illumination Invariance

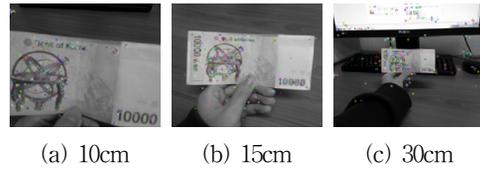


〈Figure 11〉 Evaluation Results for Illumination Invariance

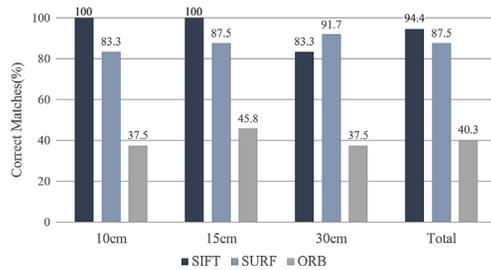
4.2.3 크기 변화

〈Figure 12〉는 지폐의 회전 정도와 촬영 장

소의 조명을 동일하게 유지시키면서 지폐의 크기만 변화시킨 실험의 모습을 보여준다. 〈Figure 13〉는 크기 변화에 대한 특징 추출 알고리즘별 지폐 인식률을 나타낸다.



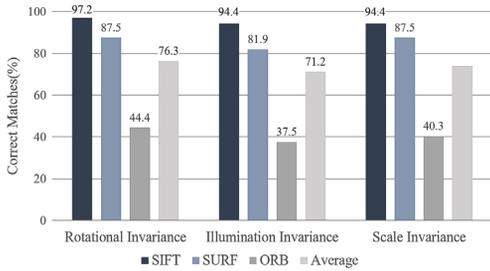
〈Figure 12〉 Test Cases for Scale Invariance



〈Figure 13〉 Evaluation Results for Scale Invariance

4.2.4 실험 결과 요약

〈Figure 14〉는 앞의 실험 결과들을 종합하여, 세 가지 변화 요인별 특징 추출 알고리즘들의 지폐 인식률을 보여준다. 회전, 조명, 크기 변화 요인에서 SURF는 평균 86%의 인식률을 보였으며, ORB는 평균 40%이라는 낮은 인식률을 보였다. 이에 비해 SIFT의 평균 지폐 인식률은 95%로, 본 논문에서 실험한 특징 추출 알고리즘들 중 가장 높은 인식률을 보였다. 이에 따라 본 논문에서는 특징 추출 알고리즘들 중 SIFT를 사용하여 지폐 인식 시스템을 구현하였으며, 이는 지폐의 회전, 주변 조명, 촬영 거리에 큰 영향을 받지 않고 95% 수준의 정확도를 얻을 수 있음을 의미한다.



<Figure 14> Summary of All Evaluation Results

본 실험에서 SIFT가 SURF와 ORB보다 성능이 좋은 이유는 다음과 같이 판단된다. SURF와 ORB는 SIFT의 연산 속도를 빠르게 하기 위해 제안되었다. 실제로 두 알고리즘은 SIFT보다 빠른 속도로 특징을 추출하지만, 수행 시간이 중요하지 않은 경우에는 다양한 환경에서 SIFT가 더 좋은 성능을 나타낸다고 보고되고 있다[7, 9, 14]. SIFT가 두 알고리즘들에 비해 높은 정확도를 보이는 이유는, 독특하고 안정적인 특징점을 검출하며, 물체에만 집중되어 있지 않고 이미지의 전체적인 특징도 검출 가능해서 라고 판단된다[7]. 또한 본 논문에서는 세 알고리즘의 수행 시간을 동일하게 유지시켰기 때문에, 이미지의 특징을 가장 정확하게 나타낼 수 있는 SIFT가 가장 적합할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 시각장애인들이 빠르고 간단하게 지폐를 인식하여 금전적 피해를 최소화할 수 있는 지폐 인식기를 개발하였다. 본 지폐 인식기는 한화 지폐를 인식할 수 있으며, 모바일 애플리케이션으로 구현된 기존 지폐 인식기와는 달리 라즈베리 파이를 기반으로 개발하여

시각장애인들의 사용성을 높였다.

본 논문에서는 지폐 인식기의 인식률을 최대화하기 위해 다양한 특징 추출 알고리즘들을 고려하였다. 이를 위해 현재 대표적인 특징 추출 알고리즘인 SIFT, SURF, ORB의 성능을 측정하였으며, 이들 중 최고의 인식률을 보이는 SIFT를 시스템 구현에 사용하였다. 실제 환경에서 다양한 조건을 변화시키며 지폐 인식 정확도를 측정한 결과 약 95%의 정확도를 얻을 수 있었다.

References

- [1] Bay, H., Tuytelaars, T., and Van Gool, L., “Surf: Speeded up robust features,” European conference on computer vision, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [2] Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C., and Fua, P., “Brief: Binary robust independent elementary features,” European conference on computer vision, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [3] Collet, A., Berenson, D., Srinivasa, S. S., and Ferguson, D., “Object recognition and full pose registration from a single image for robotic manipulation,” Robotics and Automation, 2009, ICRA’09. IEEE International Conference on IEEE, 2009.
- [4] Diaz, A., “Through the Google goggles: Sociopolitical bias in search engine design,” Web search. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 11-34, 2008.

- [5] Harris, C. and Stephens, M., "A combined corner and edge detector," Alvey vision conference, Vol. 15, No. 50, pp. 147-151, 1988.
- [6] Juan, L. and Oubong, G., "SURF applied in panorama image stitching," Image Processing Theory Tools and Applications (IPTA), 2010 2nd International Conference on IEEE, 2010.
- [7] Karami, E., Prasad, S., and Shehata, M., "Image matching using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance comparison for distorted images," arXiv preprint arXiv:1710.02726, 2017.
- [8] Korea Blind Union, "Visually impaired people are hard to distinguish bills," <http://www.kbuwel.or.kr/Board/QNA/Detail?page=14&contentSeq=470237>.
- [9] Lindeberg, T., "Image matching using generalized scale-space interest points," International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [10] Lindeberg, T., "Scale-space theory: A basic tool for analyzing structures at different scales," Journal of applied statistics Vol. 21, No. 1-2, pp. 225-270, 1994.
- [11] Lowe, D. G., "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," International journal of computer vision, Vol. 60, No. 2, pp. 91-110, 2004.
- [12] Lowe, D. G., "Object recognition from local scale-invariant features," Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on., Vol. 2. Ieee, 1999.
- [13] Mikolajczyk, K. and Schmid, C., "An affine invariant interest point detector," European conference on computer vision, Springer, Berlin, Heidelberg, 2002.
- [14] Panchal, P. M., Panchal, S. R., and Shah, S. K., "A comparison of SIFT and SURF," International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 1, No. 2, pp. 323-327, 2013.
- [15] Rosten, E. and Drummond, T., "Machine learning for high-speed corner detection," European conference on computer vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [16] Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., and Bradski, G., "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE international conference on IEEE, 2011.
- [17] Son, S. and Chun, J., "Product Feature Extraction and Rating Distribution Using User Reviews," Journal of Society for e-Business Studies, Vol. 22, No. 1, pp. 65-87, 2017.
- [18] Sudol, J., Dialameh, O., Blanchard, C., and Dorcey, T., "Looktel - A comprehensive platform for computer-aided visual assistance," Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2010 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 2010.

저 자 소개



이지완
2018년
관심분야

(E-mail: jiwan95@sookmyung.ac.kr)
숙명여자대학교 소프트웨어학부 (학사)
데이터마이닝



안지후
2014년~현재
관심분야

(E-mail: zhoo1224@sookmyung.ac.kr)
숙명여자대학교 소프트웨어학부 (학사과정)
데이터마이닝



이기용
1998년
2000년
2006년
2006년~2008년
2008년~2010년
2010년~현재
관심분야

(E-mail: kiyonglee@sookmyung.ac.kr)
KAIST 전산학과 (학사)
KAIST 전산학과 (석사)
KAIST 전산학과 (박사)
삼성전자 소프트웨어연구소 책임연구원
KAIST 전산학과 연구조교수
숙명여자대학교 소프트웨어학부 부교수
데이터베이스, 데이터마이닝, 빅데이터, 데이터스트림