

디지털 영상처리 기법을 이용한 동전 분류 및 인식

Coin Recognition and Classification Using Digital Image Processing

이정표* · 이종연* · 현창호**

Jeong-Pyo Lee and Jong-Yeon Lee and Chang-Ho Hyun

*국립공주대학교 천안공과대학 전기전자제어공학부

요 약

본 연구는 USB카메라를 통해서 얻은 동전 영상을 가지고 디지털 영상처리 기법을 적용하여 동전을 인식하고 동전별 분류를 하는 기법을 제안 및 개발한다. 본 작품은 가정에서도 동전을 계산할 때, 쉽고 빠르게 계산할 수 있는 편의성을 제공해 주는 장점을 가지고 있다. 본 작품의 개발을 위해서 USB 카메라를 사용하였고, 동전의 크기 및 색깔별 분류를 위하여 디지털 영상처리 기법을 사용하였다. 마지막으로, 제안한 작품의 완성도 및 신뢰성 검증을 위하여 MATLAB을 이용하여 분류 기준에 따른 정확도를 모의실험 하였고, 또한 MATLAB과 일반 PC를 이용하여 동전 분류 시스템을 제작하였다.

키워드 : USB 카메라, 디지털 영상처리, 동전분류 및 인식

Abstract

This paper develops the coin recognition and classification system using digital image processing technique. Coin images are taken by USB camera. The developed system can be used at home since it just needs USB camera and personal computers. For this development, some digital image processing technique is used: size recognition technique and color classification. Using Matlab, we design the graphic user interface and verify the reliability of the developed system with some simulation result.

Key Words : USB Camera, Digital Image Processing, Coin, Recognition, Classification

1. 서 론

생활하다보면 여기저기서 동전이 생길 때마다 모아둔 동전은 누구나 있을 것이다. 그러한 동전을 사용 할 때가 되어 사용하려면 무게도 무겁고 휴대성도 떨어지기에 은행에 가서 환전을 하는 게 일반적이다. 그러지 아니하면 개인이 하나하나 분류를 해야 되는데 시간이 많이 소비 되고 정확하지도 않을 것이다. 장비도 고가이기 때문에 개인이 구입해서 사용하기에는 무리가 따른다.

최근에는 영상을 이용한 많은 감시 시스템이나 식별 시스템들이 개발 되고 있고 그러한 영상을 쉽게 처리하려면 기본적으로 디지털 신호처리에 대한 이해와 공부 가 필요하다. 디지털 신호처리란 자연계나 물성계에 존재하는 신호자체의 분석을 통해 신호 속에 내재되어 있는 다양한 정보를 추출할 뿐만 아니라 원하는 형태로

대상 신호를 변형하는 것을 말한다.

각각의 신호들은 그 나름대로의 고유한 학문 영역을 갖으며 이를 정보화 하기 위해서는 고도의 이론적 분석 및 기술적 접근을 필요로 한다. 디지털 신호처리는 이러한 대상 신호들을 인간에게 유용하도록 활용하기 위한 학문영역이며 여러 분야에서 사용되고 있다.

군사적으로는 인공위성사진을 분석하여 목표물이나 적의 공항, 함정, 미사일발사, 군사 진지등을 탐지하기 위해 쓰이고 있고, 병원에서는 디지털 영상처리 기법이 적용된 X-RAY나 CT촬영이 사용되고 있으며, 공장에서는 생산 현장에서 영상 처리시스템을 이용해 자동화된 검사와 프로세스 감시에 이용되고 있다.[1]

본 논문에서는 USB 카메라를 통해서 얻은 동전 영상을 가지고 디지털 영상처리 기법을 적용하여 동전을 인식하고 분류하는 기법을 제안 및 개발한다. 동전 인식은 색깔과 크기를 특징으로 하여 영상을 추출하도록 한다. 제안된 시스템의 구성은 USB카메라와 가정용 PC로 구성된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에서는 본 작품의 개발 배경 및 동기에 대해서 얘기하고 2장에서는 디지털 영상처리 기법을 이용한 동전 인식 및 분류 시스템의 개발 대하여 논하며 동전 분류 알고리즘에 대하여 설명하며 실험을 통한 제안된 시스템의 성능 검증 및 평가도 2장에서 다룬다. 마지막으로 3장에서 본 논문의 결론 및 고찰을 나타낸다.

접수일자: 2011년 11월 19일

심사(수정)일자: 2011년 11월 19일

게재확정일자: 2012년 2월 9일

* 교신저자

이 논문은 2011년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술사업단)

본 논문은 본 학회 2011년도 추계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

2. 시스템 구성

2장에서는 동전 검출 및 인식 시스템 구현을 위한 시스템 환경 및 구성에 대해서 알아보고 사용된 디지털 영상처리 기법에 대해서 논하도록 한다.

2.1 동전분류 시스템 구성도 및 동전 분류 실험환경

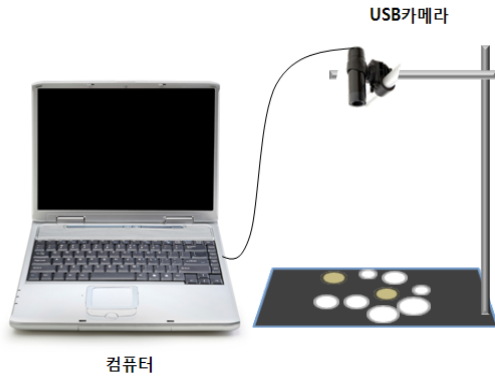


그림 1. 동전 분류 및 인식 시스템 구성도
Fig. 1. Coin Classification Systems

표 1. 실험환경에 필요한 장비 및 준비물
Table 1. Equipments for Experiment

구성 장비
가정용 컴퓨터
USB 카메라
스탠드
검정색 배경 종이
동전 (10원, 50원, 100원, 500원)

그림 1은 시스템 구현을 위한 환경 및 구성도이다. 표 1에 나와 있듯이, 실험에 필요한 구성 장비는 다음과 같다. 일반적으로 많이 쓰는 개인용 컴퓨터와 USB 카메라가 필요하며 USB 카메라를 30cm 높이에서 수직 방향 아래로 고정해 줄 수 있는 스탠드가 준비된다. 또한, 동전 촬영시 배경이 될 검정색 종이를 준비한다. 이때, 검정색 종이를 사용하는 이유는 동전인식률을 높이기 위한 배경색으로 인한 문제를 줄이기 위함이다.

3. 동전분류 알고리즘

본 실험에서 제안한 동전분류 알고리즘은 그림 2에서 순서대로 나타나 있다. 먼저 USB 카메라를 통하여 얻은 원본영상으로부터 동전 추출을 하기 위하여 이진 영상을 이끌어 낸다. 이를 위해서 컬러영상을 흑백영상으로 변환한 후, 흑백영상으로부터 이진영상을 유도해 낸다. 얻어진 이진영상으로부터 동전을 추출해 내기 위해서 본 실험에서는 Canny Edge 검출 기법을 사용하

였다.

본 실험에서 사용되는 Canny Edge 검출 기법은 잡음에 민감한 종래의 기법을 가우시안 흐림처리로 보완하고 실제 Edge 상태의 기울기를 감안하여 Edge가 아닌 부분을 제거하는 기법이다[2] 그리고 Canny 연산자를 이용하여 Edge를 추출하고 그 정확도를 높일때 사용된다.[3]

뿐만 아니라, 데이터의 크기를 줄이고 의미없는 정보를 최소화 할 수 있어서 Edge를 이용한 동전 검출 뿐만 아니라, 동전의 정확한 크기를 구별할 때 유용하다.

이와 같이 동전을 추출한 후, 가지고 있던 동전별 크기 데이터를 이용하여 동전을 분류하고 그 개수를 계산하여 총 액수를 구하도록 한다.

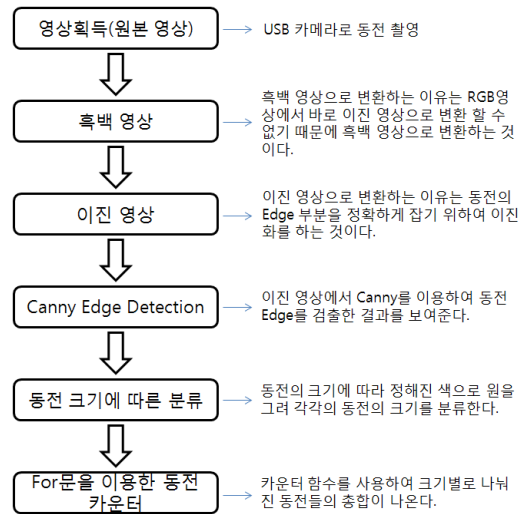


그림 2. 제안한 동전 분류 및 인식 알고리즘

Fig. 2. Proposed Algorithm

3.1 Canny Edge Detection 알고리즘

Canny Edge 검출 알고리즘은 다음과 같은 4단계로 이루어져 있다. 그림 3은 Canny Edge 검출 알고리즘을 사용하여 Edge를 검출한 예이다.

1단계.

가우시안 필터링을 이용한 부드러운 영상 추출

2단계.

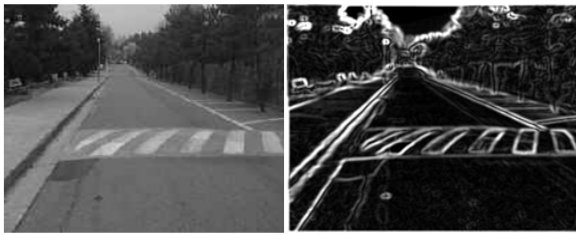
Sobel 연산자를 사용하고 Gradient 벡터의 크기 계산

3단계.

Thin Edge를 얻기 위해 3×3 창을 사용, Gradient 최대 크기만 남기고 나머지는 0으로 억제

4단계.

연결된 Edge를 얻기 위한 두 개의 임계값 사용, 높은 임계값을 이용하여 Gradient 방향에서 낮은 임계값이 나올때까지 추적, Edge를 연결하는 히스테리시스 임계값 방식 사용



(a) (b)

그림 3. Canny Edge 검출 결과 예;

(a)원본영상, (b)Canny Edge 검출 영상

Fig. 3. Example of Canny Edge Detection;

(a)Original image, (b) Canny Edge detecting

Result

4. 동전 인식 실험

4.1 동전 검출 실험

2장에서 언급한 바와 같이, 본 실험을 수행하기 위해서 우리는 그림 4와 같이 실험 환경을 구성하였다. 동전과 USB 카메라 간의 거리가 30cm를 유지하면서 수직 아래 방향을 바라보도록 USB 카메라를 고정하였다.



그림 4. 실제 실험 환경

Fig. 4. Experimental Environment

USB카메라로 얻은 동전 영상을 MATLAB으로 불러오기하여 특징추출 Canny Edge Detection 방법과 카운터 함수를 사용하여 동전을 분류 및 계산한다. 본 실험은 Canny Edge 검출 알고리즘 단계를 순차적으로 따라가면서 진행되었다.

그림 5는 원본영상에서 흑백영상으로 변화한 결과를 보여주고 있다. 이때는 휘도를 유지하면서 색조 및 채도 정보만을 제거하여 흑백영상을 얻는다. 다음으로는 흑백영상에서 이진영상을 얻는 과정이다. 본 실험에서는 흑백영상에서 동전의 흑백정도를 먼저 측정하였고, 그를 통하여 임계값을 80으로 지정하였다. 그리하여, 80

이상의 값을 흰색으로, 80이하의 값을 검은색으로 이진화 하여 동전과 배경을 구분하였다. 그림 6은 이진화된 영상의 결과를 보여주고 있다. 마지막으로, Canny Edge 검출 기법을 이용하여 영상의 잡음을 제거하고 뚜렷한 원의 모양을 인식하여 동전의 테두리 부분을 제외한 나머지 부분은 그림 7과 같이 검은색으로 나타낸다.

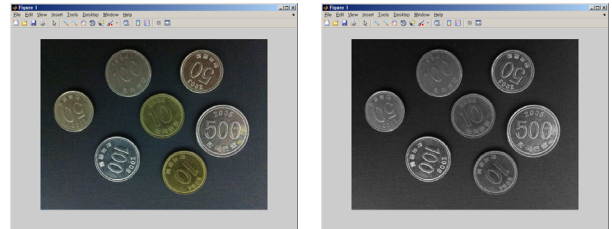


그림 5. 동전의 흑백영상 획득

Fig. 5. Acquisition of Gray Image of Coins

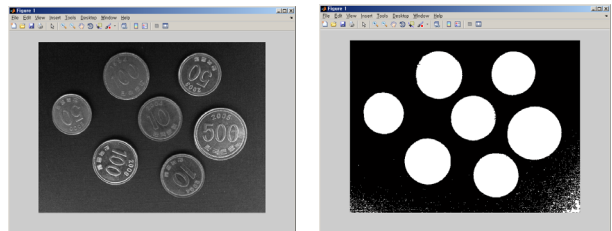


그림 6. 임계값을 이용한 이진영상으로 변환

Fig. 6. Transformation of Gray Image with

Threshold

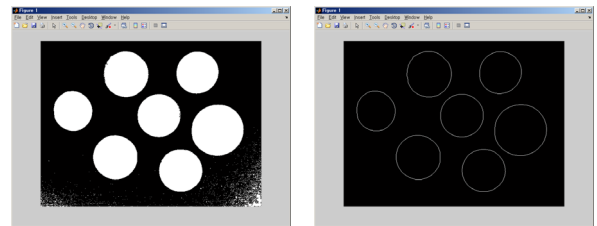


그림 7. Canny Edge 검출 기법을 이용한 동전 Edge 검출

Fig. 7. Edge Detection Using Canny Edge Detection

Technique

4.2 동전 분류 실험

4.1장에서 얻은 인식 결과를 가지고, 4.2장에서는 동전을 크기별로 구분하고, 계산하도록 한다. 4.1장에서 소개한 방법과 동전 크기별로 인식하여 구분한 영상처리 결과는 그림 8과 같다. 그림 8에서는 Canny Edge 검출 후, 동전크기별 검출의 완료를 보여주기 위하여 동전별로 Edge 색을 달리하여 보여주고 있다. 여기서, 파란색은 10원, 빨간색은 50원, 노란색은 100원, 초록색은 500원 짜리 동전의 Edge를 나타내고 있다.

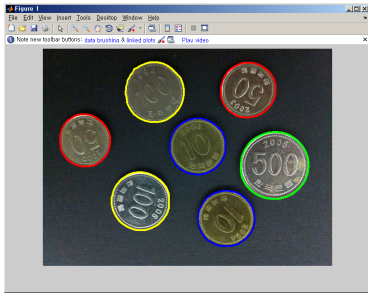


그림 8. 제안한 알고리즘을 통한 영상처리 과정
Fig. 8. Digital Image Processing Using the Proposed Algorithm.

동전별로 크기를 구분하고 계산을 수행하는 알고리즘은 그림 9의 순서도와 같다.

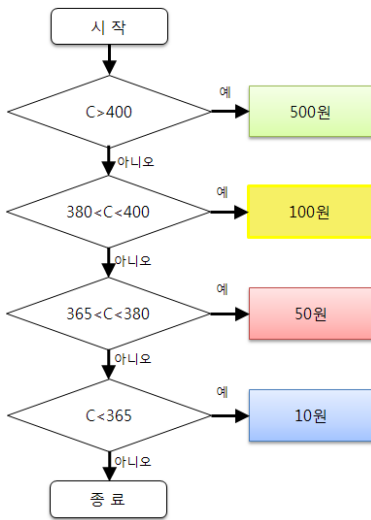


그림 9. 동전 크기별 분류 순서도
Fig. 9. Flow Chart of Classification

먼저 시작을 하여 동전의 지름을 구한다. 지름이 400보다 크면 예로 빠지고 바로 초록색 500원을 찾게 된다. 그 다음 지름이 380보다 크고 400보다 작은 크기라면 노란색 100원짜리 동전을 찾게 된다. 그 다음 지름이 365보다 크고 380보다 작으면 빨간색 50원짜리를 찾게 된다. 마지막으로 지름이 365보다 작으면 파란색 10원짜리를 찾아내며 이러한 반복을 계속하게 되고 다 찾았다고 판단되면 종료가 된다.

그림 9에서 나타낸 알고리즘의 검증을 위하여 Matlab을 이용하여 구현한 결과, 그림 10처럼 동전의 개수와 합이 구하여 졌고 올바르게 수행되었음을 확인하였다.

파란색으로 표시되는 동전은 10원짜리 2개, 노란색으로 표시되는 동전은 100원짜리 2개, 빨간색으로 표시되는 동전은 50원짜리 2개, 초록색으로 표시되는 동전은 500원짜리 1개가 표시되었고, 최종합계인 820원이 표시되었다.

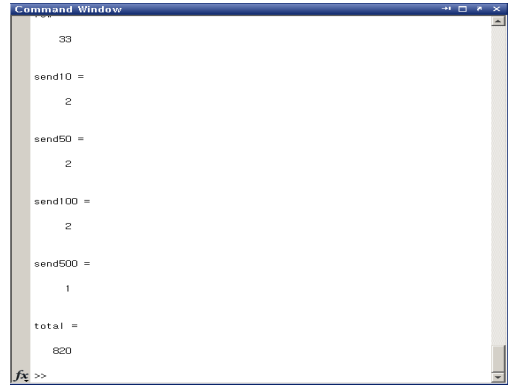


그림 10. 동전 인식을 통한 동전 합산 결과
Fig. 10. Sum Results of Coins.

4.3 그래픽 사용자 환경 구성

검증된 알고리즘과 실험결과를 바탕으로 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 그래픽 사용자 환경(GUI)을 4.3장에서는 구현한다. 제안한 방법을 GUI로 구현함으로써 가정에서 손쉽게 동전을 분류 할 수 있도록 하고, 간단한 인터페이스로 구성하고 있고 동전의 개수 및 합계를 쉽게 확인 할 수 있도록 한다.

본 GUI 구현의 목적은 현재 매우 급속히 대중화 되어가고 있는 스마트 기기의 응용프로그램으로써의 확장을 목적으로 하며, 기초적 단계를 수행하면서 보다 직관적인 GUI를 구현한 후, 응용프로그램(app.) 개발을 위한 프로그래밍 학습을 통하여 스마트 기기용 응용프로그램 개발을 기대한다.

구현한 GUI의 동작원리는 다음과 같다. 획득한 동전 영상을 영상 불러오기를 통하여 동전 영상을 불러 온 다음, Start버튼을 누르게 되면, 동전의 지름을 확인하여 동전 크기별로 색깔을 지정한 데로 영상에 나타나게 한다. 그 후, for문을 사용하여 동전의 개수를 계산하고 동전의 지름의 크기에 따라 동전 테두리에 지정된 색으로 원을 그린다. 색깔로 표현된 동전의 개수를 확인하고 개수를 카운트하여 동전의 합을 합계에 나타낸다.



그림 11. 가정용 동전분류 GUI
Fig. 11. Graphic User Interface

5. 결론 및 고찰

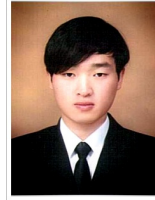
본 연구는 USB카메라를 통해서 얻은 동전 영상을 가지고 디지털 영상처리 기법을 적용하여 동전을 인식하고 동전별 분류를 하는 기법을 제안 및 개발하였다.

실험 환경은 AMD Athlon(tm) 64 Processor 3700 장착의 개인용 컴퓨터와 USB 카메라, Matlab을 이용하여 구성하였다. 디지털영상처리 기법으로 널리 사용되는 Canny Edge 검출 기법을 사용하여 동전을 추출하였고, 동전 크기별 분류와 간단한 프로그래밍을 통하여 동전의 합을 계산하는데 성공하였다. 제안한 시스템은 하드웨어 구성이 간단하고 고가의 장비가 필요 없으므로 경제적인 측면에서 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 가정에서도 동전을 계산할 때, 쉽고 빠르게 계산할 수 있는 편의성을 제공해 주는 장점을 가지고 있다. 또한, 스마트 기기용 응용프로그램으로 확장하여 스마트기기 사용자들이 즐길 수 있는 응용프로그램으로의 확장 가능성도 가지고 있다. 본 연구의 처음 목표는 동전의 특징적인 색깔과 크기를 이용하여 동전을 분류하는 것이었으나, 본 실험에서는 크기만을 이용한 동전 분류 인식만을 수행하였다. 추후과제로써 동전의 색깔도 고려한 동전 분류 시스템을 구현할 계획이며, 그와 함께 그래픽 사용자 환경을 구현하여 실용성을 높이도록 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] <http://harmony.cs.pusan.ac.kr/lecture/ipcv/imagereprocessing.htm#1>
- [2] 황재호, *처음부터 배우는 디지털 영상처리와 비전*, 교우사, 2009
- [3] 유현중, 김태우, *MATLAB을 이용한 디지털 영상처리*, 진샘미디어, 2004
- [4] 박승현, 김준영, 조성원, 정선태, 이기성 “캐니 에지 추출 및 CLNF 알고리즘을 이용한 차량 번호판 인식 알고리즘”, *한국지능시스템학회 2011년도 춘계 학술대회 학술발표논문집*, 제21권 제1호 2011.4, page(s): 39-41

저자 소개



이 정 표 (Hyo-Seok Kang)
 2011년: 국립공주대학교
 전기전자제어공학부 공학사
 관심분야: 영상처리, 제어공학
 E-mail : 1999ljp@hanmail.net



이종연 (Jong-Yeon Lee)
 2011년: 국립공주대학교
 전기전자제어공학부 공학사
 2011년 3월~현재: 동 대학원 석사과정
 관심분야: 자동제어, 최적제어,
 강인제어, 비선형제어
 E-mail: leejy@kongju.ac.kr



현창호 (Chang-Ho Hyun)
 1999년: 광운대학교 제어계측공학과 공학사
 2002년: 연세대학교 전기전자공학과 공학석사
 2008년: 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
 2008년 3월~2009년 8월: 삼성전자 책임연구원
 2009년~현재: 국립공주대학교 전기전자제어공학부 교수
 관심분야: 지능제어, 비선형제어, 로봇제어, 로봇공학
 E-mail: hyunch@kongju.ac.kr