

다중의 특징 분석을 통한 비 유사 영역의 자동적인 검출

장석우, 정명희*
안양대학교 소프트웨어학과

Automatic Detection of Dissimilar Regions through Multiple Feature Analysis

Seok-Woo Jang, Myunghee Jung*
Department of Software, Anyang University

요약 모바일 기반의 하드웨어 기술이 발전함에 따라 많은 종류의 응용 프로그램들이 개발되고 있다. 그리고 이런 응용 프로그램들의 인터페이스가 올바르게 동작하는지를 자동으로 검사하려는 수요가 증가하고 있다. 본 논문에서는 입력되는 여러 가지 유형의 영상으로부터 주요한 특징의 비교 분석을 통해서 응용 프로그램의 실행 오류 화면을 강인하게 검출하는 접근 방법을 제시한다. 본 논문에서 제시된 방법에서는 먼저 입력되는 영상으로부터 영상을 대표하는 주요한 다중의 특징을 추출한다. 그런 다음, 추출된 다중의 특징의 차이를 비교함으로써 입력된 영상이 목표 영상과 동일한 정상적인 영상인지, 아니면 목표 영상과 유사하지만 서로 다른 오류 영상인지를 효과적으로 판단한다. 실험 결과에서는 제안된 알고리즘이 입력되는 다양한 종류의 영상으로부터 주요한 다중의 특징 비교를 통해서 정상적인 영상과 오류가 발생한 영상을 정확하게 검출한다는 것을 보여준다. 본 논문에서 제안된 접근 방법은 비디오 색인, 객체 검출 및 추적, 영상 감시 등과 같은 컴퓨터 비전과 관련된 많은 실제 응용 분야에서 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

Abstract As mobile-based hardware technology develops, many kinds of applications are also being developed. In addition, there is an increasing demand to automatically check that the interface of these applications works correctly. In this paper, we describe a method for accurately detecting faulty images from applications by comparing major characteristics from input color images. For this purpose, our method first extracts major characteristics of the input image, then calculates the differences in the extracted major features, and decides if the test image is a normal image or a faulty image dissimilar to the reference image. Experiment results show that the suggested approach robustly determines similar and dissimilar images by comparing major characteristics from input color images. The suggested method is expected to be useful in many real application areas related to computer vision, like video indexing, object detection and tracking, image surveillance, and so on.

Keywords : Image Similarity, Accuracy Measure, Feature Acquisition, Difference, Color Cmage

1. 서론

최근 들어, 개인용 컴퓨터뿐만 아니라 좋은 화질과 성능이 뛰어난 모바일 디바이스들이 확산 보급됨에 따라서 이런 하드웨어에서 동작하는 여러 가지 유형의 응용 프

로그램들이 개발되고 있다. 특히, 이런 디바이스는 초고속의 유무선 네트워크 기능 및 위치 기반 센서를 보유하고 있어서, 개발되는 응용 프로그램의 기능 또한 매우 다양해지고 있다[1-3]. 그리고 이와 같이 개발된 응용 프로그램은 다양한 플랫폼에서 실행되고 있으며, 인공지능,

*Corresponding Author : Myunghee Jung(Anyang Univ.)

email: mhjung@anyang.ac.kr

Received December 30, 2019

Accepted February 7, 2020

Revised January 20, 2020

Published February 29, 2020

빅 데이터, 사물 인터넷(IoT: Internet of Things), 블록 체인(block chain), 클라우드(cloud) 컴퓨팅, 로봇, 3D 프린터, 가상현실 및 확장현실 등과 같이 4차 산업혁명과 연관된 여러 가지의 분야에서 실제로 적용되어 사용되고 있다[4,5].

이런 응용 프로그램을 개발하는 과정은 크게 기획 단계, 설계 단계, 개발 단계, 테스트 및 품질검사 단계, 유지 보수 단계 등으로 구성된다. 이 중에서 개발된 응용 프로그램의 품질검사 단계에서는 보통 사람이 수작업으로 모든 기능이 정상적으로 동작하는지를 검사하며, 기능과 관련되어 표시되는 실행 화면도 적절한지를 직접 검사한다. 그러나 최근에는 개발되는 응용 프로그램의 개수가 너무 많아 사람이 수작업으로 일일이 해당 프로그램의 품질 검사를 수행하는 것은 한계가 존재한다.

따라서 개발된 응용 프로그램의 품질 검사를 수작업이 아니라 자동으로 수행하는 연구가 필요한 실정이다[6]. 다시 말해, 해당하는 응용 프로그램의 각 기능을 실행하였을 때 표시되는 화면을 캡처한 다음, 캡처된 영상이 정상적인 목표 영상(reference image)과 동일한지를 영상 처리를 통해 판단하는 작업이 필요하다.

입력되는 서로 다른 종류의 영상으로부터 유사한 영상을 검출하기 위한 기존의 연구는 관련된 참고문헌에서 찾아볼 수 있다. 히스토그램 기반 방법에서는 영상의 히스토그램을 분석하여 전체 영상의 대비(contrast) 및 색상 값의 분포를 확인하는 방법을 제안하였다[7]. 따라서 이 방법에서는 두 영상 사이의 히스토그램을 비교하여 영상의 색상 값 사이의 유사성을 계산하였다. 이와 같이 히스토그램을 비교하는 방법은 비교적 간단하면서도 알고리즘의 처리 속도가 빠르다는 장점이 있다.

템플릿 기반의 방법에서는 템플릿 매칭(template matching)을 사용하여 입력되는 영상으로부터 대상(target)에 해당되는 영역을 찾는 새로운 방법을 제안하였다[8]. 일반적으로, 템플릿 정합은 이동 문제(moving problem)를 해결할 수 있다는 장점이 있지만, 개체가 회전되거나 크기가 변화된 개체와의 정합이 어렵다는 단점도 있다.

정합 기반의 방법에서는 조명의 변화에 강인한 특징 점(feature point) 정합을 통해 고해상도의 위성 영상이 유사한지를 판단하는 방법을 제안하였다[9]. 이와 같이 특징 점 기반의 영상 정합 방법은 두 영상으로부터 색상, 에지, 라인, 코너(corner) 등과 같은 특징을 추출한 다음, 추출된 특징을 서로 비교하여 영상의 유사도를 측정한다.

순환 섹터(circular sector) 기반의 방법에서는 유사

성 측정을 통해 유사한 영상을 검색하는 방법을 제안하였다[10]. 이 알고리즘에서는 특징 추출을 위해 HSB 색상 모델을 사용하였으며, 중간 함수(median function)를 이용하였다. 여기에서 제안된 방법은 기존의 방법에 비해 정확도를 조금 더 높였다. 위에게 기술한 알고리즘 이외에도 정상적인 영상과 오류 영상을 정확하게 검출하기 위한 새로운 방법들이 계속해서 소개되고 있다[11].

그러나 위에서 언급된 기존의 방법들은 현재까지도 그 완성도가 상대적으로 낮으며, 영상이 촬영되는 주변의 환경에 따른 많은 제약사항(constraint)이 있다는 단점이 존재한다. 더욱이 응용 프로그램 인터페이스의 자동화된 품질 검사와 관련되어 오류 영상을 검출하는 연구는 다른 기존의 연구 분야에 비해서 상대적으로 수가 많지 않다.

본 논문에서는 입력되는 영상으로부터 주요한 다중의 특징들의 비교 분석에 의해, 올바르게 작동되는 응용 프로그램으로부터 촬영된 정상적인 영상을 제외하고, 잘못된 인터페이스 화면을 나타내는 오류 영상을 강인하게 검출하는 새로운 접근 방법을 제시한다. 다음의 Fig. 1은 본 논문에서 제시하는 주요한 특징의 비교 및 분석에 의한 오류 화면 검출 알고리즘의 전체적인 개요도를 나타낸다.

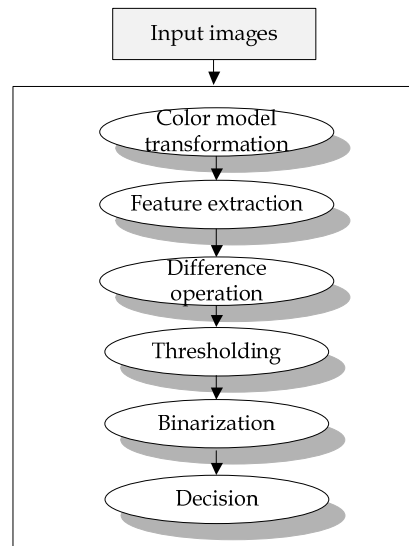


Fig. 1. Overall flow of the proposed approach

Fig. 1에서 표현된 것과 같이 본 논문에서 제안하는 시스템에서는 응용 프로그램이 실행되는 각각의 화면을 나타내는, 촬영된 영상으로부터 영상을 대표하는 주요한 다중의 특징들을 추출한다. 그런 다음, 추출된 특징을 비

교 및 차이 연산을 수행하고, 연산 결과가 정의된 임계치 (threshold) 내에 포함되는지를 확인함으로써 입력된 영상이 목표 영상과 동일한 정상적인 영상인지, 아니면 목표 영상과 유사하지만 다른 오류 영상인지를 효과적으로 판단한다.

1장에서는 본 연구를 수행하게 된 동기, 배경 및 개요에 관해 기술하였다. 2장에서는 입력되는 영상을 대표하는 주요한 특징을 정확하게 추출하는 기법에 대해 설명한다. 3장에서는 특징 값의 차이를 산출한 다음, 산출된 특징 값의 차이를 이용하여 입력된 영상이 정상 영상인지 아니면 오류 영상인지의 유무를 판단하는 기법에 대해 기술한다. 그리고 4장에서는 제안된 영상 판단 시스템을 정량적으로 검증하기 위한 실험 결과를 기술하며, 5장에서는 결론 및 향후 연구 계획을 서술한다.

2. 주요한 특징 추출

본 장에서는 입력되는 영상으로부터 영상을 대표하는 주요한 특징을 추출하는 방법을 설명한다. 이를 위해 먼저 RGB 색상 공간으로 구성된 3 채널의 입력 영상을 R, G, B 각 채널로 분리한 다음, 목표 영상과 입력된 테스트 영상 사이의 색상 채널별 차이 특징을 추출한다.

본 논문에서는 영상 내에 표현된 객체의 위치 및 크기 뿐만 아니라 색상도 동시에 확인하기 위해서 색상 채널을 분리한 후에 채널 별로 두 영상 사이의 색상 특징의 차이를 식 (1)과 같이 획득한다. 식 (1)에서 $R_{ref}(x, y)$, $G_{ref}(x, y)$, $B_{ref}(x, y)$ 는 목표 영상에서 (x, y) 위치에서의 R, G, B 색상 값을 각각 나타내고, $R_{inp}(x, y)$, $G_{inp}(x, y)$, $B_{inp}(x, y)$ 는 입력되는 테스트 영상의 (x, y) 위치에서의 R, G, B 색상 값을 각각 나타낸다.

$$\begin{aligned} Diff_r(x, y) &= |R_{ref}(x, y) - R_{inp}(x, y)| \\ Diff_g(x, y) &= |G_{ref}(x, y) - G_{inp}(x, y)| \\ Diff_b(x, y) &= |B_{ref}(x, y) - B_{inp}(x, y)| \end{aligned} \quad (1)$$

앞에서 생성된 각 색상 채널의 차 연산 결과는 0에서 255 사이의 값을 가진다. 만약 차 연산의 결과 값이 0이면 목표 영상과 입력 영상의 해당 위치의 화소 값이 일치한다는 의미이고, 차 연산 결과 값이 255이면 해당 화소가 완전히 일치하지 않는 상 값을 가진다는 것을 나타낸다.

식 (2)에서는 입력되는 영상의 전체 화소 대해 식 (1)의 차 연산 결과 값을 적용하여 각 채널별로 색상 값이 유사하지 않은 화소의 개수를 계산한다. 식 (2)에서 $Dissimil_r$, $Dissimil_g$, $Dissimil_b$ 는 목표 영상과 입력 영상에서 R, G, B 색상 값이 서로 유사하지 않은 화소의 개수를 각각 나타낸다. 그리고 TH_r , TH_g , TH_b 는 0에서 255 사이의 값을 가지며, 차 영상에서 두 화소의 값이 유사하지 않다고 판단할 수 있는 기준이 되는 R, G, B 색상 값의 임계값(threshold)[12]을 나타낸다. 일반적으로 영상처리 분야에서 임계값은 반복적인 실험을 통해 해당하는 도메인(domain)에 맞는 최적의 값을 인위적으로 설정할 수 있다.

$$\begin{aligned} IF (Diff_r(x, y) > TH_r) \\ THEN Dissimil_r++ \\ IF (Diff_g(x, y) > TH_g) \\ THEN Dissimil_g++ \\ IF (Diff_b(x, y) > TH_b) \\ THEN Dissimil_b++ \\ where (x, y) \in I_{ref} \text{ or } I_{inp} \end{aligned} \quad (2)$$

본 논문에서는 두 영상 사이의 유사성을 효과적으로 측정하기 위한 두 번째의 주요한 특징으로 질감(texture) 특징을 사용한다. 보통 영상에서 질감은 영상 화소 분포의 거친 정도(roughness)를 나타내므로 정합을 위한 특징 중의 하나로 많이 이용된다[13]. 영상처리 분야에서 질감을 추출하는 기존의 방법은 지역 이진 형태(LBP: Local Binary Pattern), 동시 발생 행렬(co-occurrence matrix), 웨이블릿 변환 등과 같이 많은 형태가 존재하지만, 본 논문에서는 질감 추출 시 정확도 측면에서 상대적으로 잘 동작한다고 알려진 가보(Garbor) 텍스처 특징[14]을 사용한다. 가보 웨이블릿은 컨볼루션 커널(convolution kernels)이며, 가우시안 엔벨로프(envelope)에 의해 제한되는 평면 파(plane waves)의 모양을 가진다.

본 논문에서 사용하는 가보 특징은 식 (3)과 같이 표현된다. 각 웨이블릿 $g_{mn}(x, y)$ 는 생성 함수를 통해 마더 웨이블릿 $g(x, y)$ 의 적절한 확장(dilation) 및 회전에 의해 생성될 수 있다.

$$g(x,y) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \right) \times \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right) + 2\pi j Wx \right) \quad (3)$$

$$g_{mn}(x,y) = a^{-m}g(x',y'), \quad a > 1, \quad m,n = integer$$

$$x' = a^{-m}(x\cos\theta + y\sin\theta)$$

$$y' = a^{-m}(-x\sin\theta + y\cos\theta)$$

식 (3)에서 m과 n은 확장과 회전 인덱스를 각각 나타내고, $\theta = n\pi/K$ 이며, K는 회전의 전체 수를 표시하는데 본 논문에서는 4로 설정된다. 따라서 θ 는 180도를 K등분한 값을 의미한다.

본 논문에서 사용하는 질감 특징은 식 (4)에서와 같이 해당 화소의 명암 값을 웨이블릿 커널과 컨볼루션하여 계산되는 가보 웨이블릿 계수를 이용해 정의된다. 식 (4)에서 $I(x, y)$ 는 영상 (x, y) 위치에서의 화소의 명암 값을 나타낸다. 그리고 G_{max} 는 질감 특징의 최대값을 나타낸다. 따라서 질감 특징 $G(x, y)$ 는 0에서 1사이의 값으로 정규화된다. 또한 이때 계산된 값은 연관된 화소들의 질감 특징을 표현하게 된다.

$$G(x,y) = \frac{I(x,y) \cdot g_{mn}(x,y)}{G_{max}} \quad (4)$$

따라서 본 논문에서 사용하는 다중의 특징은 식 (5)과 같이 네 가지의 주요한 특징으로 정의된다.

$$F = \{Dissimil_r, Dissimil_g, Dissimil_b, G(x,y)\} \quad (5)$$

3. 비 유사 영역의 추출

본 논문에서는 목표 영상과 입력된 테스트 영상과의 색상 특징의 유사한 정도를 측정하기 위해서 식 (6)과 같은 척도(metric)를 사용한다. 식 (6)에서 I_{ref} 와 I_{inp} 은 목표 영상과 입력 영상을 각각 나타낸다. 그리고 W와 H는 영상의 가로와 세로의 길이를 의미한다. 식 (6)에서 색상의 유사도는 계산의 편의를 위해서 0에서 100사이의 값으로 정규화된다.

$$C_{diff}(I_{ref}, I_{inp}) = \left(1 - \frac{Dissimil_r + Dissimil_g + Dissimil_b}{3 \times W \times H} \right) \times 100 \quad (6)$$

본 논문에서는 목표 영상과 입력 영상의 질감 특징의 유사한 정도를 측정하기 위해서 식 (7)과 같은 유사도 척도를 사용한다. 식 (7)에서 $G_{ref}(x, y)$ 와 $G_{inp}(x, y)$ 는 목표 영상과 입력되는 테스트 영상의 (x, y) 위치에 대해 추출한 가보 질감 특징을 나타낸다.

$$T_{diff}(I_{ref}, I_{inp}) = \left(\frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (1 - |G_{ref}(x,y) - G_{inp}(x,y)|)}{W \times H} \right) \times 100 \quad (7)$$

본 논문에서는 색상 특징과 질감 특징의 유사도 척도를 통합하여 목표 영상과 테스트 영상의 최종적인 유사성을 판단하기 위해 식 (8)과 같은 유사성 척도를 정의한다. 식 (8)에서 α 와 β 는 색상과 질감 특징의 기여 정도를 나타내는 가중치 요소(weighting factor)[15]이다. 본 논문에서 가중치 요소는 0에서 1사이의 값을 가지며, 모든 가중치 요소의 합은 1이 된다. 본 논문에서는 α 와 β 의 값을 각각 0.5로 동일하게 설정하였다. 식 (8)에서 유사성 척도 $Simil(I_{ref}, I_{inp})$ 는 0에서 100사이의 값을 가진다. 따라서 만일 유사성 척도의 값이 100이면 목표 영상과 입력 영상은 동일한 영상을 의미하고, 유사성 척도의 값이 0이면 완전히 유사하지 않은 영상을 의미한다.

$$Simil(I_{ref}, I_{inp}) = \alpha \times C_{diff}(I_{ref}, I_{inp}) + \beta \times T_{diff}(I_{ref}, I_{inp}) \quad (8)$$

$$where \quad 0 \leq \alpha, \beta \leq 1, \quad \alpha + \beta = 1$$

최종적으로 본 논문에서는 유사성 척도를 사용하여 식 (9)과 같이 정의한 규칙(rule)을 이용해서 입력되는 테스트 영상으로부터 오류 영상을 자동으로 검출한다. 식 (9)에서 TH_{error} 는 두 영상이 유사한지 아닌지를 판정하기 위해 사용되는 임계값이다.

$$\begin{aligned} IF (Simil(I_{ref}, I_{inp}) \geq TH_{err}) \\ THEN I_{ref} \text{ and } I_{inp} \text{ are similar} \\ ELSE (Simil(I_{ref}, I_{inp}) < TH_{err}) \\ THEN I_{ref} \text{ and } I_{inp} \text{ are dissimilar} \end{aligned} \quad (9)$$

다시 말해, 두 영상 사이의 유사도 값 $Simil(I_{ref}, I_{inp})$ 이 임계값 TH_{err} 이상일 경우에는 입력 영상은 목표 영상과 유사한 정상적인 영상으로 판별되며, 그렇지 않을 경우에는 입력 영상은 목표 영상과 유사하지 않은 오류 영상으로 판별된다.

4. 실험 결과

본 논문의 실험을 수행하기 위해 이용한 컴퓨터는 인텔 Core(TM) i7-6700 3.4 GHz의 CPU, 16GB의 메인 메모리, 256GB인 SSD, 그리고 NVIDIA의 GPU GP104가 설치된 갤럭시 Geforce GTX 1080 Ti 그래픽 카드로 이루어져 있다. 그리고 이용된 개인용 컴퓨터에는 윈도우 10 운영체제(OS)가 설치되었다. 또한, 통합 개발 환경(IDE: Integrated Development Environment)으로는 마이크로소프트사의 비주얼 스튜디오(MS Visual Studio) 버전 2015를 이용하였으며, OpenCV 버전 3.4.7 오픈 비전 라이브러리를 사용하여 제안된 알고리즘을 개발하였다. 실험에서는 개발된 응용 프로그램들의 각 실행 화면을 캡처하여 테스트 데이터로 사용하였다.

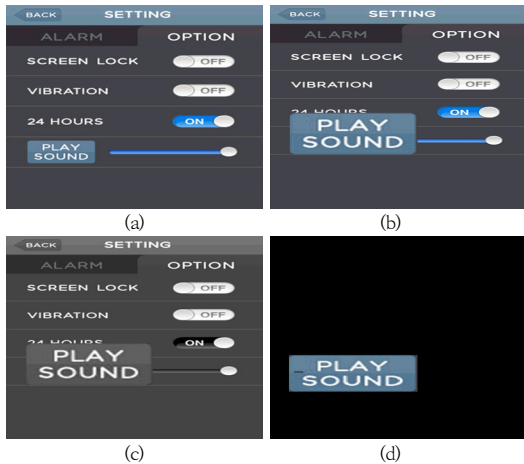


Fig. 2. Dissimilar region detection
(a) Reference image (b) Test image (c) R channel
(d) Dissimilar region

Fig. 2 (a)는 본 논문에서 이용한 응용 프로그램의 실행 결과 화면을 정상적으로 나타내는 입력 영상의 한 예를 표시한다. Fig. 2 (b)는 응용 프로그램의 실행 화면을 캡처한 테스트 영상으로, 정상적으로 실행되지 않은 오류가 발생한 테스트 영상을 보여준다. 그림 2 (c)는 입력된 영상으로부터 추출한 R 채널의 색상 특징의 예를 보여준다. 그리고 Fig. 2 (d)는 색상과 질감 특징의 분석을 통해서 목표 영상과 테스트 영상으로부터 검출한 비 유사 영역을 보여준다.

본 논문에서는 제시된 비 유사 영역 추출 알고리즘의 성능을 정량적으로 평가하고 비교하였다. 본 논문에서는 입력된 영상 데이터에서 올바르게 검출된 응용 프로그램

의 실행 오류 영상과 영상 데이터에 존재하는 전체 오류 영상의 개수와의 비율을 백분율(%)로 표시한 식 (10)과 같은 성능 척도를 이용하였다. 식 (10)에서 $Images_{error}$ 는 제안된 접근 방법을 이용하여 올바르게 검출된 비 유사 영상들의 개수를 표시한다. 그리고 $Images_{all}$ 은 입력되는 영상 데이터에 존재하는 전체 비 유사 영상의 개수를 나타낸다.

$$accuracy = \frac{Images_{error}}{Images_{all}} \times 100 \tag{10}$$

Fig. 3은 비 유사 영역 측정 방법의 정확도 측면에서의 성능 측정 결과를 막대그래프로 표시하고 있다. Fig. 3에서 표시되어 있듯이 본 논문에서 제시된 알고리즘이 기존의 방법[4]에 비해 보다 더 정확하게 응용 프로그램의 실행 결과에 대한 오류 영상을 검출한다는 것을 확인할 수 있었다.

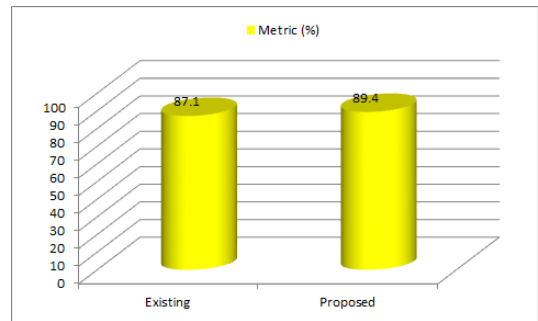


Fig. 3. Accuracy evaluation

즉, 대부분 하나의 특징 위주로 영상 사이의 유사도를 추출하는 기존의 방법들은 해당 특징이 전체 영상을 충분히 표현하기에는 정보가 부족하다. 따라서 두 영상 사이의 유사한 영역을 추출할 때 부정확한 정합으로 인해 오류가 다수 발생하였다. 그러나 제안된 다중 특징 기반의 방법은 영상으로부터 다중의 특징을 추출함으로써 입력된 영상으로부터 보다 풍부한 정보를 획득한다. 그리고 이런 정보를 바탕으로 정합을 수행하므로 정확도가 상대적으로 높다.

5. 결론

최근들어 개발되는 응용 프로그램의 개수가 기하급수적으로 증가하므로 개발된 프로그램 화면의 품질 검사를

수작업으로 수행하기에는 무리가 따른다. 그러므로 영상 처리를 이용해 응용 프로그램의 실행 화면의 적절성을 자동으로 분석하여 품질을 검사하는 연구가 필요하다.

본 논문에서는 입력되는 여러 가지 유형의 테스트 영상으로부터 다중의 특징 분석을 수행하여 개발된 응용 프로그램의 실행 오류 화면을 정확하게 검출하는 접근 방법을 제시하였다. 제시된 방법에서는 먼저 입력 영상을 가장 잘 표현하는 다중의 특징을 추출한다. 그런 다음, 추출된 다중의 특징을 비교 및 분석함으로써 입력된 영상이 목표 영상과 유사한 정상 영상인지, 아니면 목표 영상과 유사하지만 서로 다른 오류 영상인지를 효과적으로 결정하였다. 실험 결과에서는 본 논문에서 제시된 알고리즘이 입력되는 테스트 영상으로부터 응용 프로그램의 실행 오류 결과 화면을 기존의 방법에 비해서 보다 정확하게 검출한다는 것을 보여주었다.

향후에는 본 논문에서 제시된 비 유사 영역 추출 알고리즘을 보다 다양한 형태의 응용 프로그램의 실행 결과 화면에 적용하여 제시된 알고리즘의 성능을 정확성 측면과 시간 측면에서 검증할 계획이다. 그리고 개인용 컴퓨터, 모바일 디바이스뿐만 아니라 보다 다양한 플랫폼에 적용하여 본 논문에서 제안된 알고리즘의 확장성 및 호환성을 제고할 계획이다.

References

- [1] M. Abdullah, W. Iqbal, A. Erradi, "Unsupervised learning approach for web application auto-decomposition into microservices," *Journal of Systems and Software*, Vol.151, pp.243-257, May 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.02.031>
- [2] V. D. Son, S. H. Yoon, "Duty Cycle Scheduling considering Delay Time Constraints in Wireless Sensor Networks" *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.18, No.2, pp.169-176, Apr. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.2.169>
- [3] S. Y. Shin, B. J. Park, "A Study on Context Aware Vertical Handover Scheme for Supporting Optimized Flow Multi-Wireless Channel Service based Heterogeneous Networks" *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.19, No.2, pp.1-7, Apr. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.2.1>
- [4] L. L. Iacono, P. L. Gorski, J. Grosse, N. Gruschka, "Signalling over-privileged mobile applications using passive security indicators," *Journal of Information Security and Applications*, Vol.34, Part.1, pp.27-33, Jun. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiisa.2016.11.006>
- [5] Y. M. Lee, J. S. Shin, "A Study on the Design of IoT-based Thermal Sensor and Video Sensor Integrated Surveillance Equipment" *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.19, No.6, pp.9-13, Dec. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.6.9>
- [6] M. Babu, P. Franciosa, D. Ceglarek, "Spatio-temporal adaptive sampling for effective coverage measurement planning during quality inspection of free form surfaces using robotic 3D optical scanner," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.53, pp.93-108, Oct. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.08.003>
- [7] S. Borjigin, P. K. Sahoo, "Color image segmentation based on multi-level Tsallis-Havrda-Charvat entropy and 2D histogram using PSO algorithms," *Pattern Recognition*, Vol.92, pp. 107-118, Aug. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.03.011>
- [8] E. Elboher, M. Werman, "Asymmetric correlation: a noise robust similarity measure for template matching," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.22, No.8, pp.3062-3073, Aug. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TIP.2013.2257811>
- [9] B. Wu, H. Zeng, H. Hu, "Illumination invariant feature point matching for high-resolution planetary remote sensing images," *Planetary and Space Science*, Vol.152, pp.45-54, Mar. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pss.2018.01.007>
- [10] J. Masek, R. Burget, L. Povoda, and M. Harvanek, "Image search using similarity measures based on circular sectors," *In Proceedings of the Fourth International Conference on Advanced Information Technologies and Applications*, pp.241-251, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5121/csit.2015.51519>
- [11] J. Shi, X. Wang, "A local feature with multiple line descriptors and its speeded-up matching algorithm," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.162, pp.57-70, Sep. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2017.08.012>
- [12] J. Liang, D. Liu, "A local thresholding approach to flood water delineation using Sentinel-1 SAR imagery," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.159, pp.53-62, Jan. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.10.017>
- [13] P. Banerjee, A. K. Bhunia, A. Bhattacharyya, P. P. Roy, S. Murala, "Local neighborhood intensity pattern - a new texture feature descriptor for image retrieval," *Expert Systems with Applications*, Vol.113, pp.100-115, Dec. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.06.044>
- [14] C. Li, Y. Huang, L. Zhu, "Gabor texture image retrieval based on Gaussian copula models of Gabor wavelets," *Pattern Recognition*, Vol.64, pp. 118-129, Apr. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2016.10.030>

- [15] Y. Yu, H. Zhao, "Novel sign subband adaptive filter algorithms with individual weighting factors," Signal Processing, Vol.122, pp.14-23, May 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2015.11.007>
-

장 석 우(Seok-Woo Jang)

[종신회원]



- 1995년 2월 : 송실대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 송실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 송실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 안양대학교 소프트웨어학과 교수

<관심분야>

로봇비전, 증강현실, HCI, 비디오 색인 및 검색, 등

정 명 희(Myunghee Jung)

[정회원]



- 1989년 : 서울대학교 계산통계학과 (공학사)
- 1991년 : University of Texas, Austin, (공학석사)
- 1997년 : University of Texas, Austin, (공학박사)
- 2011년 6월 ~ 현재 : 안양대학교 소프트웨어학과 교수

<관심분야>

통신, 시뮬레이션, 원격탐사 데이터 처리, 영상처리 멀티미디어 등