

논문 2010-47SP-5-22

휴대전화 동영상에서의 문자 영역 검출 방법

(Text Region Detection Method in Mobile Phone Video)

이 훈 재*, 설 상 훈**

(Hoonjae Lee and Sanghoon Sull)

요 약

최근 카메라가 탑재된 휴대전화가 널리 보급되면서 휴대전화로 촬영한 동영상에서 문자영역을 검출하고 인식하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 기능에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 따라서 휴대전화로 촬영된 동영상에서 문자 영역을 검출하기 위한 방법이 필요하다. 이를 위해 형태학적 연산을 이용하여 전처리를 수행한 다음, 전처리를 수행한 영상에 대해 변형된 k-means 군집화를 이용하여 이진영상을 얻어낸 후, 연결 요소(Connected component) 분석 및 문자 특성을 이용한 방법들을 적용하여 문자 후보 영역을 검출하고, 일정 시간 내 문자 후보 영역의 검출 빈도를 조사하여 문자 영역 검출의 정확도를 높이는 방법을 제안한다. 휴대전화 동영상을 대상으로 한 실험 결과를 통해 제안하는 방법은 정확도와 회수율이 모두 뛰어난 효과적인 문자 영역 검출 방법임을 확인할 수 있다.

Abstract

With the popularization of the mobile phone with a built-in camera, there are a lot of effort to provide useful information to users by detecting and recognizing the text in the video which is captured by the camera in mobile phone, and there is a need to detect the text regions in such mobile phone video. In this paper, we propose a method to detect the text regions in the mobile phone video. We employ morphological operation as a preprocessing and obtain binarized image using modified k-means clustering. After that, candidate text regions are obtained by applying connected component analysis and general text characteristic analysis. In addition, we increase the precision of the text detection by examining the frequency of the candidate regions. Experimental results show that the proposed method detects the text regions in the mobile phone video with high precision and recall.

Keywords: Text detection, morphology, k-means clustering, color segmentation

I. 서 론

영상에서의 문자 영역 검출은 지속적으로 연구되어 온 주제로서 기존의 문자 영역 검출은 멀티미디어 정보의 색인화나 인터넷상 문서의 자동 색인화를 위해 연구되었으며, 주로 인터넷 브라우저의 문서나 오버랩 된

자막과 같은 간단하고 정형화된 영상을 대상으로 하였다. 그러나 최근 카메라가 탑재된 휴대용 기기의 일반적인 보급으로 인해 휴대용 기기를 통해 영상을 촬영하는 경우가 많아지면서, 이와 같은 영상에서 문자영역을 검출하고 검출된 문자 영역을 OCR (Optical Character Recognition: 광학 문자 인식기) 모듈에 입력하여 문자를 인식하여 문자의 의미나 문자와 관련된 정보를 사용자에게 알려주는 기능에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 예를 들어 외국을 여행하는 사람들이 휴대전화 카메라를 이용해 외국어 문자를 촬영하여 자국어 문자로 번역하는 일에도 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 휴대용 기기로 촬영한 영상은 복잡한 배경, 낮은 화

* 정희원, 고려대학교 공과대학 전자전기공학과
(Department of Electrical Engineering,
Korea University)

** 정희원, 고려대학교 공과대학 전기전자전파공학부
(Department of Electrical Engineering, Korea
University)

접수일자: 2009년12월10일, 수정완료일: 2010년6월21일

질 및 해상도, 다양한 문자의 위치, 크기 및 나열 방향을 가지므로 문자 영역을 검출하는데 어려움이 있다.

기존의 문자영역검출의 방법을 살펴보면 Park et al.^[1]은 문자영역이 영상의 중앙에 위치한다는 가정을 세운 뒤 수평과 수직 에지 히스토그램의 분포를 분석하여 문자 영역을 검출하는 방법을 제안하였으며, Li 와 Wang^[2]은 Sobel-에지를 사용하여 에지의 복잡도를 계산하고 계산된 복잡도로 문자영역 여부를 판별하였다. Park 과 Lee^[4], Sobottka et al.^[5]은 문자 영역은 고주파수 성분을 많이 포함한다는 가정을 이용하여 주파수 영역에서 문자를 검출 하는 방법을 제안하였다. Ji et al.^[6]와 W. Kim^[7]은 문자영역의 질감 특성을 이용하였다. 기존의 방법들은 문자영역의 위치에 제한을 받거나, 문자영역의 색, 배경의 복잡도에 따라 성능이 좌우되어 휴대전화에서 촬영된 영상에 적용할 경우 좋은 성능을 기대하기 어렵다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 형태학적 연산을 이용하여 문자 후보 영역을 찾고, 색 분할화 (Color segmentation)를 이용해 이진화된 영상을 얻은 뒤 연결 요소 분석 및 문자 특성을 이용해 문자 영역을 검출하는 방법이 제안되었다^[9]. 하지만, 이는 정지 영상에서의 문자 검출 방법으로서, 입력 영상이 동영상일 경우 부가적으로 얻을 수 있는 시간적 정보에 대한 사용이 고려되지 않았다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 휴대전화에서 촬영한 동영상에서 문자 검출 시 문자 후보 영역의 일정 시간 내 검출 빈도를 조사하여 문자 영역 검출의 정확도를 높이는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 해상도 및 화질이 떨어지고, 문자의 위치, 크기, 기울기가 다양한 휴대전화 동영상에 대해서 효과적으로 문자 영역을 검출한다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성 되어있다. II장에서는 문자 영역 검출 방법의 개요를 기술하고 III장에서는 본 논문이 제안하는 효과적으로 문자 영역을 검출하는 방법에 대해 기술한다. 그리고 IV장과 V장에서는 실험 결과와 결론을 기술한다.

II. 문자 영역 검출 방법의 개요

그림 1은 문자 영역 검출 알고리즘의 전체적인 구조를 보여준다. 이 알고리즘에서는 Cooksey와 Withers^[8]가 정의한 형태학적 연산을 이용해 전처리 과정을 수행하고, k-means 군집화를 이용하는 색 분할화를 적용하

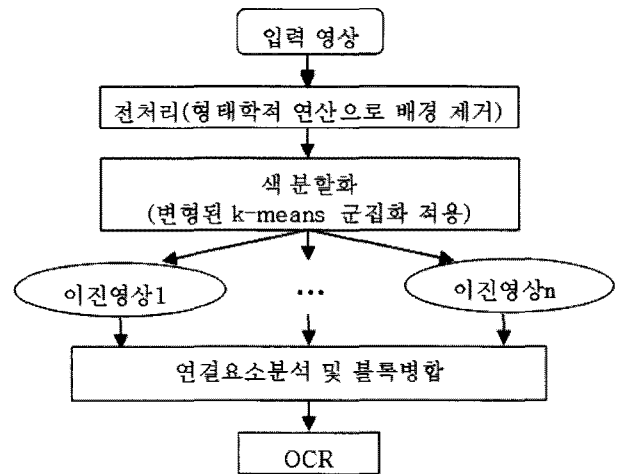


그림 1. 문자 영역 검출 알고리즘의 구조
Fig 1. Structure of the text region detection algorithm.

여 유사한 색을 가지는 픽셀을 각각의 영상으로 분리하여 묶는다. 그 다음 분할된 각각의 색에 대한 영상으로부터 이진 영상을 생성한다. 생성된 이진영상에 대해 연결 요소 분석을 수행하고 문자의 공간적 특성을 이용하여 문자영역을 검출하고, 인접한 문자들을 병합하여 문자 영역을 구성한다. 최종적으로 시간적 정보를 이용하여 일정 시간 동안 지속적으로 문자 후보 영역으로 검출되는 영역을 최종적인 문자영역으로 정하여 문자 검출 정확도를 높인다.

III. 문자 영역 검출 방법

휴대전화에 장착된 카메라로 촬영한 동영상에서 문자 영역을 검출하기 위해 먼저 [9]에서 제안된 방법을 통해 각 프레임에서 문자 후보 영역을 검출한 후, 동영상에서의 시간적 정보를 이용하여, 문자 영역 검출의 정확도를 높인다. 이 장에서는 입력 영상에 대해 형태학적 연산을 이용한 전처리를 수행하고, 변형된 k-means 군집화를 이용하여 이진 영상을 얻은 후, 연결 요소 분석 및 문자 특성을 이용해 문자 후보 영역을 결정하는 과정과 문자 후보 영역의 검출 빈도를 조사하여 문자 영역 검출의 정확도를 높이는 방법을 설명한다.

1. 형태학적 연산을 이용한 전처리

형태학적 연산인 열림 연산과 닫힘 연산을 이용하여 두 결과 값의 차이가 임계값보다 큰 영역들을 문자 후보 영역으로 판단하고 이외의 영역들을 제거 한다. 그

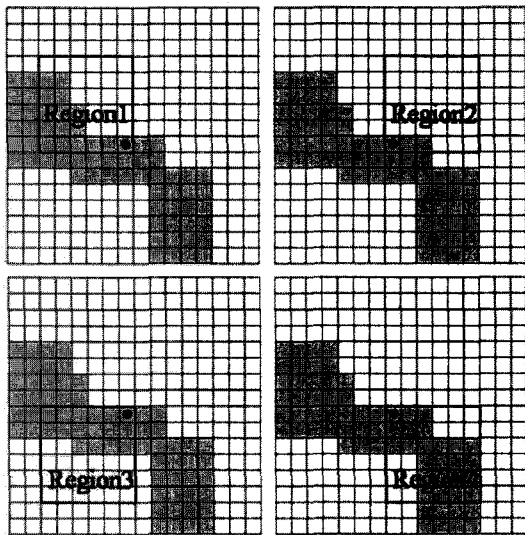


그림 2. 빠른 열림과 빠른 닫힘의 정의
Fig. 2. Definition of fast opening and fast closing.

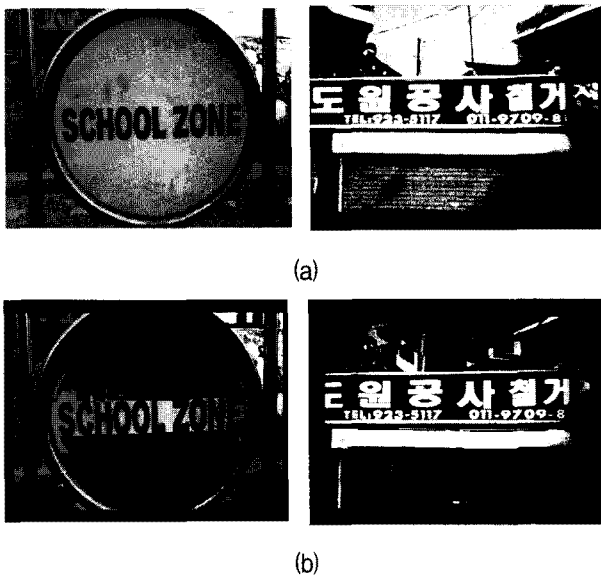


그림 3. 형태학적 연산을 이용한 전처리
(a) 원본 영상 (b) 결과 영상
Fig. 3. Preprocessing using morphological operation.
(a) original image (b) result image

림 2는 열림 연산과 닫힘 연산 방법을 나타낸 것이다. 현재 픽셀을 기준으로 4개의 영역으로 나누고 각 영역들에서 최소값과 최대값을 얻는다. 열림 연산의 경우에는 선택된 최소값들 중에서 최대값을 선택하고 닫힘 연산의 경우에는 반대로 최대값들 중에서 최소값을 선택한다. 문자 영역과 같이 검사 영역 내에 특징적인 에지나 질감(Texture)이 있을 경우, 위에서 계산한 두 값의 차이가 커지고, 이와 반대로 영역 내 변화가 크게 없는 경우에는 위의 두 값이 큰 차이를 보이지 않게 된다. 따

라서 위 두 값의 차이가 임계값보다 큰 경우 문자 후보 영역으로 판단한다.

그림 3(b)는 그림 3(a)에 대해 형태학적 연산을 수행한 결과를 나타낸다. 그림 3에서 나타나는 것처럼 문자를 포함 하지 않는 많은 영역들이 제거 되었다는 것을 알 수 있다. 많은 실험 결과를 통해 임계값이 50이고 그림 2에서의 'Region'의 크기가 18x18일 때 좋은 성능을 제공한다.

2. 변형된 k-means 군집화를 이용한 색 분할화와 이진 영상 생성

이전 단계의 결과 영상에 대해 유사한 색을 가지는 픽셀을 묶어 각각의 영상으로 분리하는 색 분할화를 수행한다. 이는 교통표지, 안내문, 간판 등 대부분의 경우에 문자는 사람들이 쉽게 알아볼 수 있도록 배경색과 구별되는 하나의 색으로 이루어져 있다는 점을 이용한 것으로, 각 픽셀의 R, G, B 값을 가지는 벡터 공간에 대해 k-means 군집화 알고리즘을 적용하여 유사한 색을 가진 픽셀들을 군집화 한다.

이 때, 휴대전화로 촬영된 영상은 빛의 영향이나 흔들림, 압축되는 과정에서 사람의 눈에는 동일하게 보이는 색이라도 실질적으로는 다른 색을 가지는 경우가 많다. 따라서 일반적인 k-means 군집화를 적용할 경우 같은 글자 내에서의 같은 색이라도 반복 수행을 하면서 다른 그룹으로 분류될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 변형된 k-means 알고리즘을 적용한다. 처

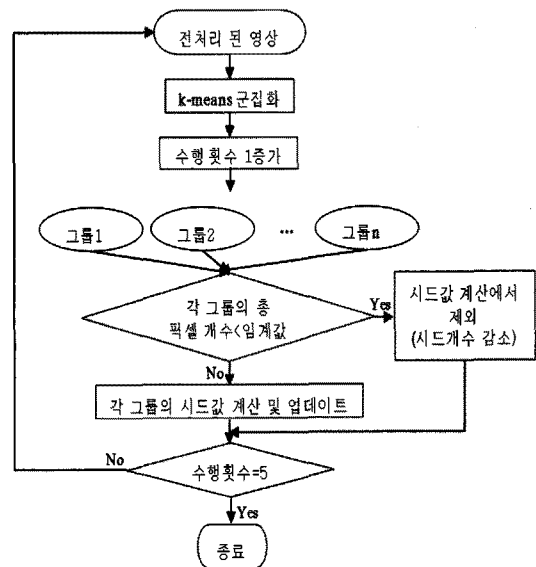


그림 4. 변형된 k-means 군집화
Fig. 4. Modified k-means clustering.

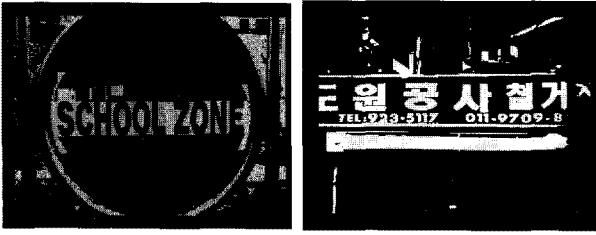


그림 5. 색 분할화 결과
Fig. 5. Result of the color segmentation.

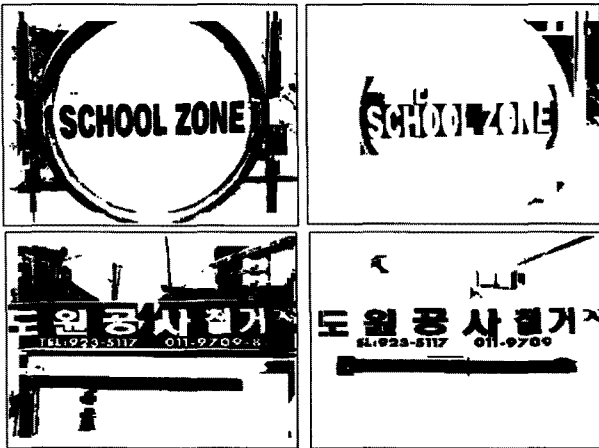


그림 6. 이진 영상
Fig. 6. Binarized image.

음에는 8개의 색 그룹으로 군집화를 수행하고, 반복적인 수행을 통해 픽셀 개수가 임계 값 보다 적은 그룹들은 제거 한다. 그림 4는 변형된 k-means 알고리즘을 순서대로 나타낸 것이다. 반복 수행횟수는 총 5번이며, 모든 수행을 하고 나면 최종적으로 색 분할화가 이루어진다.

그림 6은 그림 3(b)의 두 영상에 대해 제안한 방법을 이용하여 분할화 한 결과이다. 변형된 k-means 군집화를 이용하여 여러 개의 색 그룹으로 분류한 다음 각각의 색 그룹에 대해 그림 6과 같이 이진 영상을 생성한다. 이진 영상은 분할화된 색 그룹의 수만큼 생성된다.

3. 문자 후보 영역 검출

이진 단계에서 기술한 변형된 k-means 군집화를 이용하여 생성된 각각의 이진 영상에 대해 연결 요소 분석을 통해 문자 후보 영역을 검출한다. 각 이진 영상에 연결 요소 분석을 적용하여 그림 7과 같이 연결되어 있는 픽셀 집합들에 대해 외곽 사각형을 생성한다. 본 논문에서는 문자의 크기와 문자들의 밀집성을 이용하여 문자 영역을 검출한다. 첫 번째로 아래에 기술된 조건에 따라 문자 후보 영역을 검출 한다.

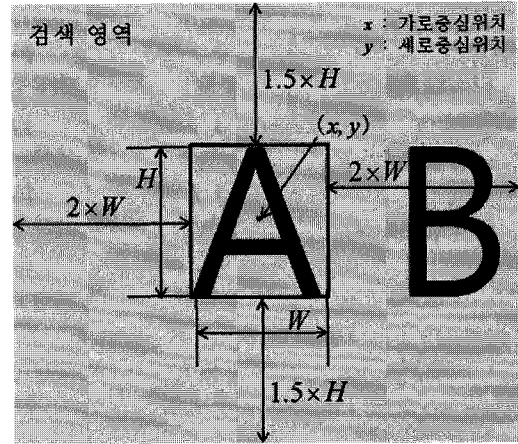


그림 7. 공간적 밀집성을 검사하기 위한 검색 영역
Fig. 7. Searching area to exam the spatial closeness.

1. 연결 요소의 넓이가 전체 영상 넓이의 1/10보다 작고 1/1000보다 커야 한다.
2. 연결 요소의 가로길기와 세로길기는 각각 3 픽셀보다 크고 각각 전체영상 가로길기의 1/3, 세로 길이의 1/1.5보다 작아야 한다.

다음으로 문자들은 공간적으로 서로 밀집되어 있다는 특성을 이용하여 하나의 연결 요소의 검색 영역 안에 유사한 연결 요소들이 하나 이상 존재 하면 문자 영역으로 판단하는 과정을 수행한다. 그림 7은 특정 연결 요소의 검색 영역을 나타낸 것이고 검색 영역은 특정 연결 요소의 왼쪽과 오른쪽 각각으로부터의 너비의 2배, 위쪽과 아래쪽 각각으로부터의 높이의 1.5배로 결정된다.

4. 문자 영역 병합

이번 단계에서는 각각의 문자 영역들을 단어와 같이 의미 있는 문자영역으로 구성하기 위해서 병합을 수행하는데, 각 문자 영역들의 위치가 가깝고 색의 차이가 작을 때 문자 영역들이 병합된다. 문자 영역의 병합은 세로 방향 병합 후 가로 방향 병합을 수행 한다.

두 문자 영역 M, N 의 중심이 각각 $(x_M, y_M), (x_N, y_N)$ 일 때, 먼저 M, N 의 세로 방향 병합은 다음과 같은 조건 (1)을 만족 하면 수행 된다.

$$\begin{aligned}
 |x_M - x_N| &< T1, \\
 |y_M - y_N| &< T2, \\
 |R_M - R_N| + |G_M - G_N| + |B_M - B_N| &< T3
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

세로 방향으로 병합이 이루어지면 그 결과들을 다시 가로방향으로 병합을 하게 된다. 가로방향으로의 병합은 다음 조건 (2)를 만족할 때 수행한다.

$$\begin{aligned}
 |y_M - y_N| &< T4, \\
 |x_M - x_N| &< T5, \\
 |R_M - R_N| + |G_M - G_N| + |B_M - B_N| &< T6
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서 R, G, B는 RGB 색 공간에서 문자영역의 R, G, B 성분 각각의 총 합을 그것을 구성하는 픽셀 개수로 나눈 것이며, T1~6은 임계값이다. 많은 실험 결과를 통해 해상도 320×240의 동영상에서의 임계값을 T1 = 20, T2 = 20, T3 = 50, T4 = 20, T5 = 20, T6 = 50으로 설정한다.

5. 시간적 정보를 이용하는 문자 영역 검출

사용자가 일정한 곳을 촬영한 동영상을 입력으로 받는 경우에도, 매 프레임마다 문자 영역 검출 결과가 달라질 수 있다. 특히, 문자 영역이 아닌 부분에서 매 프레임마다 문자 영역으로 검출되었다가 검출이 안 되는 것이 반복 되는 경우가 있다. 이는, 카메라의 흔들림, 조명의 미묘한 변화 등으로 인해 형태학적 전 처리나 색 분할화 과정의 결과가 다르게 나타나기 때문이다. 일반적으로 문자 영역은 문자색과 배경색이 뚜렷하게 구분되는 반면, 문자 영역이 아닌 부분은 그렇지 않기 때문에 프레임마다 변하는 작은 흔들림이나 조명 변화에 상대적으로 더 민감하게 반응하여 검출 결과가 지속적으로 유지되지 않는다. 따라서, 이와 같이 잘못 검출되는 영역을 줄이기 위해 각 문자 후보 영역의 일정 시간 내 검출 빈도를 조사하여, 지속적으로 문자 영역으로 검출되는 영역만을 최종 문자 영역으로 정한다. 먼저 현재 프레임을 f_n 이라 하고 f_n 에 대해 문자 영역 병합 과정의 결과로 M 개의 문자 후보 영역이 나왔을 때 각 문자 후보 영역을 $R_{n,1}, R_{n,2}, \dots, R_{n,M}$ 이라 정의한다. 일정 시간 내 문자 후보 영역의 검출 빈도를 조사하여 문자 영역을 검출하는 과정은 아래와 같다.

Step 1) $R_{n-4,1}, R_{n-4,2}, \dots, R_{n-4,P}$ 와 $R_{n-3,1}, R_{n-3,2}, \dots, R_{n-3,Q}$ 를 서로 비교하여 영상 내에서 같은 위치에 존재하는 문자 후보 영역을 묶어 그룹을 생성한다. 같은 위치에 존재는 후보 영역이 없을 경우에는 해당 문자 후보 영역을 가

지는 새로운 그룹을 생성한다. 각 그룹의 대표 위치는 현재 프레임과 가까운 문자 후보 영역의 위치로 한다.

Step 2) Step 1의 수행 결과로 나온 그룹들과 $R_{n-2,1}, R_{n-2,2}, \dots, R_{n-2,R}$ 을 비교하여 문자 후보 영역이 존재하는 위치에 그룹이 생성되어 있을 경우 그룹에 추가하고, 그룹이 생성되어 있지 않는 경우 해당 문자 후보 영역을 가지는 새로운 그룹을 생성한다.

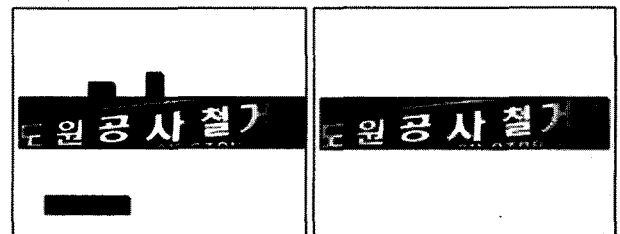
Step 3) Step 2를 f_n 까지 반복한다.

Step 4) 각 그룹에 속한 문자 후보 영역의 개수를 세어 3 이상일 경우 최종 문자 영역으로 정한다.

그림 8은 동영상 특징을 이용하는 문자 영역 검출 방법을 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때를 비교하고 있다. 위의 문자 후보 영역의 검출 빈도 조사 과정은 각 프레임에서 이미 검출된 문자 후보 영역을 비교하여 새로운 문자 영역의 위치를 설정하므로, 적은 계산량으로 수행할 수 있으며, 그림 8에서 볼 수 있듯이 일정 시간 내 문자 후보 영역의 검출 빈도 조사를 통해 더 정확한 문자 영역 검출을 달성할 수 있다.



(a)



(b)

그림 8. 시간적 정보를 이용하는 문자 영역 검출 방법 (a) 입력 영상 (b) 시간적 정보를 이용하지 않는 문자 영역 검출 (c) 시간적 정보를 이용한 문자 영역 검출

Fig. 8. Text region detection method using temporal information (a) Text region detection without temporal information (c) Text region detection using temporal information.

IV. 실험

실험에 사용한 영상은 휴대전화에 장착된 카메라로 촬영한 해상도 320×240 크기의 동영상 80개이며 각 영상은 기울기가 있는 문자를 포함한 영상, 문자 영역의 위치가 한 쪽으로 치우친 영상, 다양한 크기의 문자가 존재하는 영상, 복잡한 색을 가지는 영상 및 위와 같은



그림 9. 문자 영역 검출 결과
Fig. 9. Result of text region detection.

표 1. 기존의 방법과 제안된 방법의 성능 비교

Table 1. Performance comparison between previous works and proposed method.

방법	정확도(%)	회수율(%)
Park's [1]	54.86	46.03
Li's [2]	53.80	73.81
[9]	42.94	85.76
제안된 방법	87.16	82.87

특성이 없는 일반적인 영상 등으로 이루어져 있다. 본 논문과의 비교 대상은 Park et al. [1] 방법과 Li 와 Wang [2]의 방법을 선택 하였고, 동영상 특성을 사용하지 않은 기존 문자 검출 방법 [9]과도 비교하였다. 표 1은 각각의 방법에 대해 정확도와 회수율을 계산하여 비교한 것이다. 정확도는 실제 문자영역 수/검출한 영역 수×100이고, 회수율은 검출 문자영역 수/전체 문자영역 수×100이다.

제안한 방법은 특성에 상관없이 정확도와 회수율 모두 뛰어난 성능을 보여주었다. 특히, 문자 후보 영역에 대해 시간적 정보를 이용하여 문자 영역을 최종 검출하는 방법을 적용하였을 경우, 그렇지 않을 때에 비해 회수율은 거의 차이가 나지 않으면서도 정확도가 크게 향상됨을 알 수 있다. 그림 9는 휴대전화로 촬영한 여러 동영상에 대해 제안한 방법을 적용하여 실험한 결과이다.

V. 결 론

본 논문에서는 휴대전화로 촬영한 일반적인 영상에 대해 형태학적 연산을 적용하여 비 문자영역을 제거하고, 남은 영역에 대해 변형된 k-means 군집화를 이용하여 색 분할화를 적용하였다. 그리고 연결 요소 분석과 문자 특성을 이용하여 문자 후보 영역을 정하고, 문자 후보 영역 중 일정 시간 동안 지속적으로 나타나는 문자 후보 영역을 최종 문자 영역으로 판단함으로써 문자 검출 정확도가 향상된 알고리즘을 제안하였다. 본 논문은 문서나 인터넷 브라우저, TV의 자막과 같이 정형화된 배경과 문자를 가지는 영상과 달리 휴대전화로 촬영하여 불규칙적이고 복잡한 배경과 문자가 많은 영상을 대상으로 하였기 때문에 보다 범용적으로 적용할 수 있다는 장점이 있다.

참고 문헌

- [1] J. Park, Toan N. Dinh, and G. Lee, "Binarization of Text Region based on Fuzzy Clustering and Histogram Distribution in Signboards," Proceedings Of World Academy Of Science, Engineering And Technology, vol. 33, pp. 85-90, 2008.
- [2] M. Li, and C. Wang, "An Adaptive Text Detection Approach in Images and Video Frames," International Joint Conference in Neural Networks, pp. 72-77, 2008
- [3] P. Shivakumara, W. Huang, and C. Tan, "An Efficient Edge based Technique for Text Detection in Video Frames," IEEE The Eighth International Association of Pattern Recognition (IAPR) International Workshop on Document Analysis Systems (DAS), pp. 307-314, 2008.
- [4] J. Park, and G. Lee, "A Robust Algorithm for Text Region Detection in Natural Scene Images," Canadian Journal Of Electrical And Computer Engineering, vol. 33, pp. 215-222, 2008.
- [5] K. Sobottka, H. Bunke, and H. Kronenberg, "Identification of Text on Colored Book and Journal Covers," International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 57-62, 1999.
- [6] R. Ji, P. Xu, H. Yao, Z. Zhang, X. Sun, and T. Liu, "Directional Correlation Analysis of Local Haar Binary Pattern for Text Detection," IEEE International Joint Conference on Multimedia Expo (ICME), pp. 885-888, 2008.
- [7] W. Kim, and C. Kim, "A New Approach for Overlay Text Detection and Extraction from Complex Video Scene," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 18, no. 2, pp. 401-411, 2009.
- [8] E. Cooksey, and W. Withers, "Rapid Image Binarization With Morphological Operators," International Conference on Image Processing (ICIP), pp 1017-1020, 2008.
- [9] 강범주, 김명훈, 차승욱, 설상훈, "휴대전화 영상에서의 효과적인 문자 영역 검출," 신호처리합동학술대회, vol. 22, no. 1, pp. 635-638, Sep. 2009.
- [10] 정기철, "복잡한 영상 내의 문자영역 추출을 위한 텍스처와 연결성분 방법의 결합," 대한전자공학회, 전자공학회논문지, vol. 41, no. 6, pp. 175-186, Nov. 2004.

저자 소개



이 훈 재(정회원)
2006년 고려대학교 전기전자전파
공학부 학사 졸업
2006년~현재 고려대학교
전자전기공학과 석·박사
통합과정

<주관심분야 : 비디오 코덱, 영상 신호 처리, 디
지탈 방송>



설 상 훈(정회원)-교신저자
1981년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업
1983년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 석사 졸업
1993년 University of Illinois at
Urbana - Champaign,
Electrical and Computer
Engineering 박사 졸업

1983년~1986년 KBS 기술연구소
1993년~1994년 Beckman Institute,
University of Illinois, 연구원
1994년~1996년 Flight Deck Branch, NASA,
Ames Research Center, 연구원
1996년~1997년 IBM Almaden Research Center,
연구원
1997년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부
교수

<주관심분야 : 디지털 방송, 멀티미디어 데이터
검색 및 브라우징, 비디오 코덱, 영상 신호 처리>