

텍스처 특징과 구조적인 정보를 이용한 문서 영상의 분할 및 분류

Document Image Segmentation and Classification using Texture Features and Structural Information

박 근 혜*, 김 보 람*, 김 옥 현**
Kun-Hye Park*, Bo-Ram Kim*, Wook-Hyun Kim**

요 약

본 논문은 문서 영상을 대상으로 표, 그림, 글자 등의 각 구성요소들을 자동으로 분류하기 위한 새로운 텍스처 기반의 영상 분할 및 분류 방법을 제안한다. 제안한 방법은 문서 영상 분할 단계와 문서 영상 내 구성요소 분류 단계로 이루어진다. 먼저 영상 분할을 수행한 후, 분할된 영역을 대상으로 문서 영상의 구성 요소들을 분류하는데, 이때 각 구성 요소는 서로 다른 텍스처를 가지고 있는 영역이라는 특징을 이용한다. 분할된 영역들을 분류하기 위한 텍스처 특징을 추출하기 위해 다양한 텍스처 분석에 광범위하게 사용되는 2차원 가보필터를 이용한다. 제안한 방법은 구성 요소와 사용 언어에 대한 사전 지식을 이용하지 않으면서 문서 영상의 분할 및 구성요소 분류에서 좋은 성능을 보인다. 제안한 방법은 멀티미디어 데이터 검색, 실시간 영상 처리 등과 같은 다양한 분야에 적용 될 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a new texture-based page segmentation and classification method in which table region, background region, image region and text region in a given document image are automatically identified. The proposed method for document images consists of two stages, document segmentation and contents classification. In the first stage, we segment the document image, and then, we classify contents of document in the second stage. The proposed classification method is based on a texture analysis. Each contents in the document are considered as regions with different textures. Thus the problem of classification contents of document can be posed as a texture segmentation and analysis problem. Two-dimensional Gabor filters are used to extract texture features for each of these regions. Our method does not assume any a priori knowledge about content or language of the document. As we can see experiment results, our method gives good performance in document segmentation and contents classification. The proposed system is expected to apply such as multimedia data searching, real-time image processing.

Keywords : Page Segmentation, Contents Classification, Gabor filter, Document Image Processing, Texture Analysis

I. 서 론

컴퓨터와 네트워크 기술의 발달로 인해 컴퓨터가 다양한 분야에서 방대한 양의 복잡한 정보를 처리하게 되었다. 따라서 최근에는 영상, 음성, 동영상 등의 멀티미디어 정보를 컴퓨터와 인간 사이의 인터페이스(human-computer interface)로 활용하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 기존에 종이에 인쇄 되던 문서 또한 스캐너나 카메라를 통해 컴퓨터에서 사용할 수 있는 디지털 정보로 변환 되고, 이렇게

획득 된 문서 영상은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 또한, 컴퓨터를 이용한 멀티미디어 정보의 처리 및 데이터베이스 시스템의 발전에 따라 사용자들은 보다 다양한 형태의 서비스를 요구하고 있다. 이러한 요구를 만족시키기 위해서 최근 문서 자동 인식 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이를 위한 전처리 과정으로 문서 내재된 구성요소나 정보의 추출 및 인식에 따른 문서 영상의 자동 분할 및 분류가 요구 된다. 문서 자동 인식 시스템의 전처리 과정인 문서 영상의 분할 및 분류작업은 그 정확도에 따라 인식 시스템의 처리 속도 및 성능이 향상 될 수 있으므로 이를 위해 정확하고 효율적인 분할 및 분류 방법이 요구되고 있는 실정이다. 일반적으로 문서 영상 처리는 영상의 분할과 분할된 영역들을 구성요소별로 분류하는 작업, 그리고 분류된 영역들을 인식하는 작업 등으로 나눌 수 있다.

* 영남대학교 컴퓨터공학과

** 영남대학교 컴퓨터공학과 교수

투고 일자 : 2010. 6. 25 수정 일자 : 2010. 7. 28

게재확정일자 : 2010. 7. 29

영상의 분할을 위한 방법은 크게 하향식 접근법과 상향식 접근법으로 나눌 수 있다. 하향식 접근법은 문서와 같은 큰 단위로부터 문단, 문자열, 문자, 화소와 같은 작은 단위로 점차 분할해 나가는 방식이다. 반면에 상향식 접근법은 화소와 같은 작은 단위의 요소들이 문자와 같은 작은 영역으로 병합되고 그것들이 문단과 같은 더 큰 영역으로 병합되는 방식이다. 런 길이 평활화 방법과 투영 프로파일 분석 방법 등의 하향식 접근법은 영상의 구조에 대해 사전 지식이 있을 경우에 유용하며 분할을 빠르게 수행할 수 있다는 특징을 가진다. 대표적인 상향식 접근법으로는 Docstrum 방법과 연결 요소 분석(CCA: Connected Component Analysis) 등이 있으며 이 방법들은 하향식 접근법 보다 다양한 구조의 영상에 적용 가능하지만 분할을 수행하는 속도가 느리다는 특징을 가진다[1].

영역의 분류는 분할된 영역들을 각각의 특성에 따라 의미 있는 단위로 분류하는 작업을 의미한다. 이는 특징을 추출하고, 추출된 특징들을 이용해 분류기를 대상으로 훈련시켜 분류하는 단계로 구성되며, 분류된 영역의 특징 정보를 추출하고 구성요소별로 분류하기 위한 기존 연구 방법으로는 통계적 정보를 이용한 분류, 구조적 정보를 이용한 분류, 신경망을 이용한 분류 등이 있다. 통계적 정보를 이용한 분류는 영역 내의 평균, 분산 및 표준 편차 등의 통계적 정보를 이용하여 분할된 영역을 분류할 수 있다[2]. 구조적 정보를 이용한 분류는 각 구성요소들이 지니고 있는 사전 정보를 이용하여 속성을 분류하는 방법이다. 문서 영상의 경우 연결 요소의 크기, 영역의 중형 비율, 텍스트의 경우 글자의 크기 및 줄 간격 등의 정보를 이용한다[3]. 또한, 문서 영상의 분류에 가장 많이 사용되는 방법은 신경망을 이용하여 각 구성요소들이 가지는 특징에 대해 학습하고 학습한 내용을 바탕으로 분류를 하는 방법이다. 하지만 이 방법은 학습에 따른 시간이 많이 소모되며 신경망 구축시 입력력에 대한 뉴런의 수와 은닉층의 수 등을 결정해야 하는 등 복잡한 알고리즘을 가지고 있다는 단점이 있다[4].

따라서 본 논문에서는 원 영상에 대한 사전 지식을 이용하지 않고, 효과적인 특징 추출 및 분류 성능을 보여주는 텍스처(texture) 기반의 분류 방법을 사용한다. 텍스처란 물체의 표면을 나타내는 특성을 의미하며 동일한 패턴이나 공간적인 배열 상태를 지닌 "서로 관련 있는 요소들(texel)의 구성"을 나타낸다[5]. 본 논문에서는 각 영역의 텍스처 특징을 추출하기 위해 다양한 종류의 텍스처 분석에 광범위하게 사용되며 탁월한 결과를 보여주는 가보 필터(Gabor filter)를 이용한다. 그림 1은 제안하는 시스템의 구성도를 보여준다. 제안하는 시스템은 크게 영상 분할 단계와 구성요소 분류 단계로 이루어진다. 영상 분할 단계는 원 영상을 대상으로 이진화를 수행한 후, 닫힘 연산, 라벨링을 거쳐 영상이 최종적으로 분할되며 구성요소 분류 단계는 분할된 영역을 대상으로 각기 다른 가보필터를 적용하여 특징을 추출한 후 그 결과를 바탕으로 표 영역, 글자 영역, 그림 영역으로 분류한다.

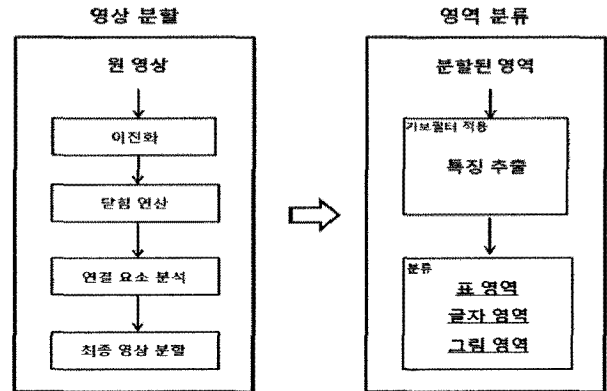


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System schema

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 방법에서의 문서 영상의 분할 기법과 가보 필터를 이용한 구성요소 분류 방법에 대해 설명하고, III장에서는 제안한 방법을 다양한 종류의 문서 영상에 적용한 실험 결과를 보이고 기존의 방법들과 성능 평가를 비교하여 분석한 결과를 나타낸다. 마지막으로, IV장에서는 결론 및 제안한 방법의 문제점과 개선책, 그리고 활용방안에 대해서 논한다.

II. 제안한 방법

2.1 문서 영상의 분할

영상의 분할단계에서 제일 먼저 수행되는 이진화는 화소의 밝기값을 0 또는 1로 변환하는 작업이며, 이는 화소의 속성을 전경 부분과 배경 부분으로 나누어 표현하는 것을 의미한다.

본 논문에서는 다양한 이진화 알고리즘 중에서 가장 널리 쓰이는 알고리즘인 Otsu 알고리즘[6]을 이용한다. 이 알고리즘은 전경 부분과 배경 부분간의 밝기값에 대한 분산값을 이용하여 얻은 최적의 임계값을 기반으로 이진화를 수행하며 그 식은 식(1)과 같다. 이 때, t_{otsu} 는 최적의 임계값을 의미하며, 이는 전경부분과 배경부분간의 분산을 나타내는 $var_{between-class}$ 이 최대이면서, 전경부분과 배경부분 각각의 분산을 나타내는 $var_{within-class}$ 가 최소일 때 결정된다.

$$t_{otsu} = \arg \left\{ \max_{0 \leq t \leq 255} \left(\frac{var_{between-class}}{var_{within-class}} \right) \right\} \quad (1)$$

이진화를 수행한 후 형태처리 기법을 적용하여 인접한 영역을 하나로 병합하고 내부의 빈 공간을 채운다. 형태 처리 기법은 영상에서의 경계, 골격 그리고 볼록 각지(convex hull)와 같은 영역의 형태를 표현하는데 있어서, 영상을 형태학적인 관점에서 다루는 기법이다.

본 논문에서는 형태 처리 기법 중에서 팽창연산과 침식 연산을 복합적으로 결합한 닫힘 연산을 사용하여 라벨링을

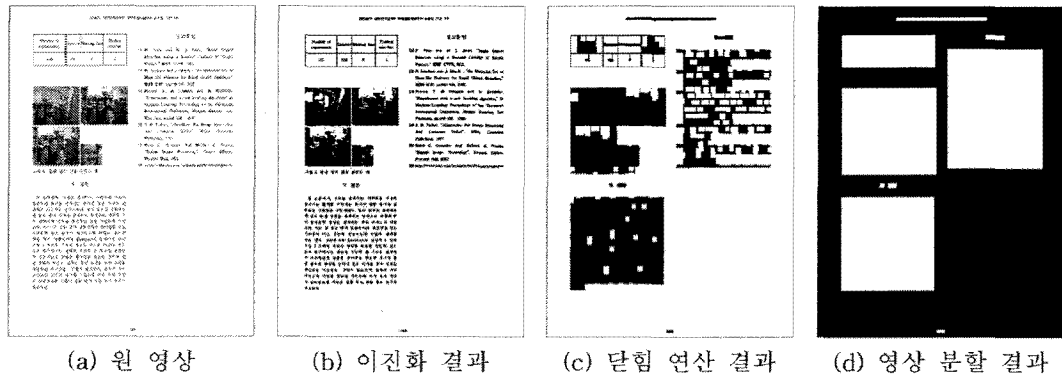


그림 46. 문서 영상 분할 과정
 Fig. 2. Segmentation Process of Document Image

수행하기 전에 분할 될 영역의 수를 줄인다. 닫힘 연산은 팽창 연산과 침식 연산을 수행하는 연산이며 식 (2)와 같이 정의한다. $A \cdot B$ 는 집합 A 를 대상으로 집합 B 를 이용하여 팽창 연산과 침식 연산을 순차적으로 적용한 결과를 나타내는 것이며, \oplus 는 팽창연산, \ominus 는 침식연산을 각각 나타낸다[7].

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (2)$$

문서 영상의 구성요소 분류를 수행하기 위해서는 영역별로 특징을 추출해야 하며, 이를 위해 라벨링을 수행하여 인접한 화소를 하나의 영역으로 정의한 후, 그 영역에 경계상자를 적용하여 영상을 분할하게 된다. 연결 요소를 분석하기 위해서는 이웃 화소들의 정보를 분석해야 하며, 이를 위해 주로 4-근방 또는 8-근방의 화소를 이웃화소로 정의한다. 본 논문에서 이를 위해 8-근방 화소를 사용하였다.

그림 2는 한글로 작성된 문서 영상에 대한 영역 분할 과정과 분할된 영역에 대한 구성요소 분류 과정을 보여준다. 그림 2의 (a)는 원 영상, (b)는 Otus의 방법을 이용한 이진화 결과, (c)는 이진화를 바탕으로 닫힘 연산 수행 결과이며, (d)는 닫힘 연산 수행 후 연결 요소 분석을 이용해 각 영역의 라벨링 한 후 경계상자를 적용하여 최종적으로 영상을 분할한 결과이다. 이때 배경 영역과 각 구성요소의 후보 영역은 각각 0과 255의 화소값을 가진다.

2.2 가보필터를 이용한 구성요소 특징추출 및 분류

영상이 최종 분할되면 각 구성요소들이 서로 다른 텍스처를 가지고 있다는 사실을 기반으로, 텍스처 분석을 위해서 가보필터를 이용하여 분할된 영역을 분류한다.

가보 필터는 웨이블릿 변환(Wavelet Transforms)의 일종으로, 가보 함수는 가우시안 함수(Gaussian Function)에 의해 변조된 사인파(sine wave)라고 정의된다[8]. 공간 영역(spatial domain)에서 가보 필터의 수식은 식 (3)과 같다.

$$h_j(x,y;f,\theta) = g(x,y) \exp[2\pi j f x'] \quad (3)$$

$$= \left(\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \right) \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(x')^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y')^2}{\sigma_y^2} \right) \right] \exp[2\pi j f x']$$

where $x' = x \sin\theta + y \cos\theta$
 $y' = x \cos\theta - y \sin\theta$

식 (3)에서 $g(x,y)$ 는 2차원 가우시안 함수를 나타내고, f 는 j 번째 채널에서의 필터 중심 주파수, θ 는 j 번째 채널에서의 필터 방향, σ 는 가우시안 성분의 분포를 나타내며 x' 와 y' 는 정의한 바와 같다.

식(3)으로 인해 생성된 가보 필터는 사인과 성분과 가우시안 성분을 모두 지니고 있으므로 영상에 필터를 적용하게 되면 사인과 성분에 의하여 특정 방향으로의 특성이 강조되며, 가우시안 성분으로 인해 사인과 성분에 의한 강조가 해당 화소와 인접한 화소들로 국한되게 된다. 가우시안 성분은 영상에서 θ 방향으로의 특징을 추출하는 결과를 보이는 반면, 사인과 성분은 이용하면 필터가 적용되는 해당 화소로부터 동일한 방향성을 갖는 멀리 떨어진 화소까지 영향을 받게 한다는 특징을 알 수 있다. 따라서 가우시안 성분과 사인파의 성분을 함께 적용함으로써 해당 화소와 인접한 특정 방향의 영역을 대상으로 특징을 추출할 수 있다.

가보 필터의 특징은 다음과 같다. 1)가보 필터는 푸리에 변환(Fourier Transform)과 비슷한 형태를 가지지만 2차원 가우시안 함수에 의해 가보 함수의 윈도우(window)가 공간적으로 제약된 크기를 가지게 된다. 2) σ^2 너비의 가우시안 윈도우 특성을 나타내는 가보 함수를 푸리에 변환하면 $1/\sigma^2$ 의 폭을 가지면서 특정 주파수와 방향에 대해서 선택적으로 반응하는 대역 통과 필터 처리를 한 것과 같은 결과를 보인다. 3)중심주파수 f 와 필터 방향 θ 값에 따라 기본적인 모양은 같지만 크기와 방향이 다른 가보 필터들이 만들어지고 원 영상과 컨볼루션(convolution) 함으로써 특정 주파수에서 임의의 방향에 대해 선택적으로 반응하게 된다.

본 논문에서는 영상을 분할한 후, $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 의 4가지 방향과 6가지의 주파수 크기를 이용하여 24개의 가보 필터를 생성한 후, 실험을 통해 그중에서 각 요소에 대해 가장 명확하고 강한 반응을 보이는 필터를 선택하여 다양

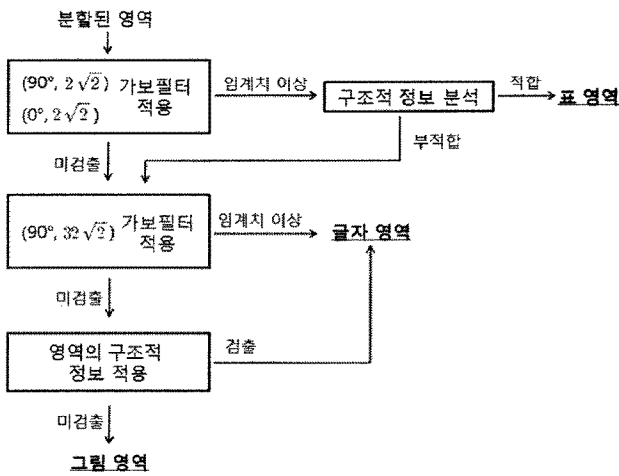


그림 3. 구성요소 분류 단계 상세 구성도

Fig. 3. Detail schema of Contents classification

한 실험 영상에서 표와 글자, 그림을 순차적으로 분류하였다. 그림 3은 제안한 방법에서의 구성요소 분류 단계를 상세하게 나타낸 구성도이다. 문서 영상의 콘텐츠 중 하나인 표는 가로와 세로로 강한 특징을 가지는 선으로 둘러싸인 (line-drawing) 영역이다. 이러한 특징을 추출하기 위해서 가로와 세로의 방향과 선분에 강하게 반응하는 특정 주파

통해 영역의 크기가 일정 화소수 이하라면 문서영상에 존재할 수 있는 쪽번호 또는 작게 분할된 글자 영역으로 판단하여 글자 영역으로 분류한다. 표 영역과 글자영역으로 분류되면 남아있는 영역은 그림 영역으로 판단하여 분류함으로써 구성요소의 분류작업을 완료하게 된다.

그림 4는 그림 2의 원 영상을 바탕으로 분할된 영역에 대한 구성요소 분류 과정을 보여준다. 그림 4의 (a)는 표 영역의 분류를 위해 가보필터를 적용한 결과이며, (b)는 (a)를 바탕으로 구조적 정보를 이용하여 표 영역이 분류된 것이다. 그림 4의 (c)는 글자 영역의 분류를 위해 가보필터를 적용한 결과를 바탕으로 글자 영역이 분류된 것이고, 최종적으로 분류된 구성요소는 밝기값의 차이로 구분하며 (d)에 나타난 바와 같다. 가장 어두운 검정색의 배경영역으로부터 글자 영역, 표 영역, 그림 영역의 순으로 밝은 화소값으로 표현하였으며 그 화소값은 각각 0, 100, 200, 255와 같다.

III. 실험 결과 및 분석

제안한 방법의 실험을 위하여 640 × 480 크기의 국문, 영문, 중문으로 쓰여진 논문 문서 영상들을 사용하였으며, 이는 IEEE를 포함한 다양한 저널을 통해 획득하였다. 알고리즘은 Intel Xeon CPU 1.86GHz 시스템 상에서 visual



(a) 가보 필터를 이용한 특징 추출-표영역 (b) 구조적인 정보를 이용한 영역의 분류 (c) 임계치 이상의 특징을 통한 분류 (d) 최종 구성요소 분류 결과

그림 4. 구성요소 분류 과정

Fig. 4. Contents Classification Process

수 크기의 가보필터를 적용한다. 이를 통해 임계치 이상의 특징값이 추출되면, 표의 구조적인 정보 즉, 표를 구성하는 가로선 길이를 고려하여 표 영역으로 판단한다. 표 영역을 분류한 후 다음 단계로서 글자 영역을 분류한다. 글자 영역은 전형적으로 특별한 배열의 규칙을 따르기 때문에 독특한 텍스처를 가진다. 예를 들어, 문서 영상에서의 글자 영역은 같은 간격과 방향성을 가져 글자가 행으로 이어진 형태를 가지는 문장들로 구성되고, 각 문장들은 같은 크기의 문자로 구성된다. 이러한 텍스처 정보를 이용하여 텍스트 영역에서 가장 강한 반응을 나타내는 가보 필터를 적용한다. 또한 글자 영역 분류 단계에서 임계치 이하의 값은 글자 영역으로 분류되지 않았을지라도 영역의 구조적 정보를

C++ 6.0을 통해 구현되었다.

실험에서 표 분류를 위해, 각각 90°과 0°의 방향성과 2√2의 주파수 크기를 가지는 가보필터를 사용하였으며, 추출된 가로선 중에서 표 영역은 원 영상의 전체 너비의 1/3이상이라는 구조적 정보를 이용하였다. 텍스트 영역의 분류를 위해 사용한 필터는 90° 방향성과 32√2의 주파수 크기를 가지는 필터이며, 쪽번호와 같은 작은 텍스트와 그림간의 분류를 위해 구조적 정보 중 영역의 화소수를 이용하였다. 이로 인해, 화소수가 1000이하일 경우에는 작은 글자 영역으로, 그렇지 않을 경우에는 그림 영역으로 분류된다.

그림 5는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 보여준다. 그림 5의 (a)는 영문으로 작성된 문서 영상이며, (d)는 중문

으로 작성된 문서 영상이다. 그림 5의 (b)와 (e)는 두 원영상의 분할 결과, (c)와 (f)는 문서 영상 내 구성요소의 분류 결과를 나타내며 각각 0, 100, 200, 255의 화소값을 이용하여 배경영역, 글자 영역, 표 영역, 그림 영역의 순으로 표현하였다.

이와 같이 다양한 형식과 언어로 작성된 문서 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안한 방법은 문서 영상의 형식과 언어에 대한 사전 지식이 필요하지 않으며 문서 내 구성요소

문서 영상에서의 텍스트, 그림, 표 등을 구별하기 위해 지역적 엔트로피정보를 이용하여 히스토그램상에서 임계치를 결정함으로써 문서영상을 분할하였으며, M-W Lin은 사전에 정의된 블록들에 대해서 텍스처 정보를 추출한 후, 클러스터링 알고리즘에 의해 문서영상을 분할하였다. 표 1은 100여개의 실험 영상에서의 구성요소별 분할 정확도를 기존의 방법들과 비교한 결과를 나타낸다. 이 때, 정확도는 각 구성요소별 실제화소수와 정확히 분류된 화소수의 상대

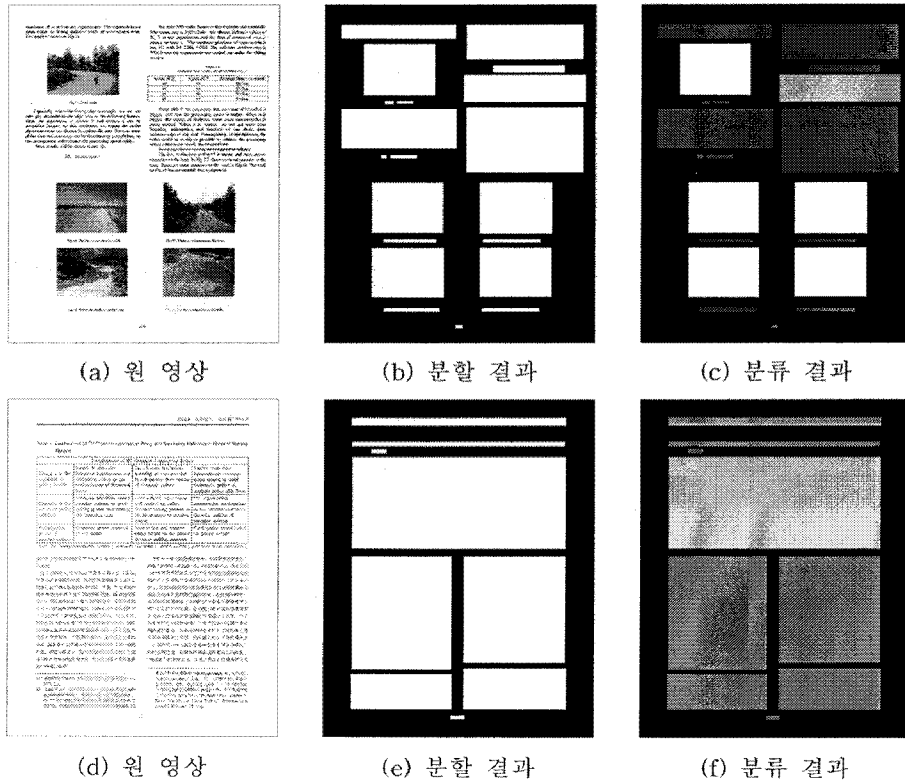


그림 5. 문서 영상의 분할 및 구성요소 분류 실험 결과

Fig. 5. Result of Document Image segmentation and Contents Classification

의 정확한 분할 및 분류 결과를 보여준다는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 문서 영상 중에서도 특히 실험에서 사용된 논문의 경우, 구성요소들의 구조적인 특성이 유사하기 때문에 분할 및 분류 결과가 사용된 언어의 종류 및 변화에 대해서는 강건함을 보여준다. 그리고 문서에서 사용하는 다양한 크기의 글자에 대해서도 정확한 분류가 가능하였다.

표 1. 제안한 방법의 분할 정확도 비교

Table 1. Comparison of Segmentation accuracy

구성요소	제안한 방법	Kim의 방법	M-W Lin 방법
그림	94.35 %	92.06 %	61.73 %
글자	95.02 %	93.23 %	56.55 %
배경	90.88 %	87.27 %	69.30 %

제안한 방법의 분할 성능평가를 위해 Kim이 제안한 방법[9]과 M-W Lin이 제안한 방법[10]을 비교하였다. Kim은

비율 값이며, 모든 구성요소들에 대해서 제안한 방법이 기존의 방법들 보다 더 나은 분할정확도를 가지는 것을 확인할 수 있다.

표 2는 제안한 방법에 따른 100여개의 실험영상에 대한 구성요소별 분류 정확도를 측정된 결과이다. 분류 정확도는 분할된 영역에 대해 정확히 분류된 영역의 개수의 비율을 구성요소 별로 나타낸 것이며, 제안한 방법은 높은 정확도를 보이는 것을 확인할 수 있다.]

표 2. 제안한 방법의 분류 정확도

Table 2. Classification accuracy of propose method

구성요소	배경	표	글자	그림
정확도	100 %	100 %	97 %	99 %

IV. 결론

본 논문에서는 정보 전달의 중요한 수단 중 하나인 문서 영상을 효율적으로 처리하기 위한 방안으로, 텍스처 정보를 기반으로 한 문서 영상의 효과적인 분할과 구성요소들의 분류에 있어서 새로운 접근 방식을 제안한다.

본 논문에서는 주어진 문서 영상에 대한 사전 지식 없이 각 구성요소들이 가지는 텍스처 특징에 따라 분류하도록 한다. 또한 영상 분할 단계에서 기존의 연구 방법들의 복잡하고 많은 양의 계산 등의 문제점을 해결하기 위해 미리 영상을 분할 한 후 후보 영역을 추출함으로써 제목과 페이지, 출처 등의 작은 크기의 구성요소의 탈락을 방지할 수 있으며 각 구성요소의 분류를 위한 분류기 사용이 불필요하므로 좀 더 간단하고 빠른 분류를 수행한다. 제안한 방법은 문서 영상의 분할 및 분류에 따른 판독이나 내용기반 멀티미디어 검색 등에 적용 가능하며, 문서 영상뿐만 아니라 실생활에서 접할 수 있는 자연 영상과 위성 영상, 의료 영상의 분할 및 분류 기법으로도 활용 될 수 있다. 향후 과제로는 더 복잡한 구조를 가진 영상에 적용 할 수 있는 특징 추출에 관한 연구가 기대된다.

참고 문헌

[1] K. Y. Wong, R. G. Casey and F. M. Wahl, "Document analysis system", IBM J.Res. Development, Vol. 6, pp.642-656. Nov. 1982.

[2] F. M. Wahi K. Y. Wong, and R. G. Casey, "Block segmentation and text extraction in mixed text/image documents," Computer Graphics and Image Processing, vol. 22, pp.375-390, Feb. 1982.

[3] J. L. Fisher, S. C. Hinds and D. P. D'Amato, "A rule-based system for document image segmentation," Proc. 10th Int. conf. Pattern Recognition, pp. 567-572, 1990.

[4] 서정, 김보람, 오준택, 김옥현, "텍스처 기반 BP 신경망을 이용한 위성영상의 도로영역 추출 ", 한국신호처리 시스템학회논문지, v.10, no.3, pp.164-169, 2009년 7월.

[5] R. M. Haralick, "Statistical and structural approaches to texture", Proceeding IEEE, 67(5), pp.786-804, 1990

[6] N. Otsu, "A threshold selection method from gray level histograms", IEEE Trans. on Syst. Man Cybern. Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979.

[7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, New York, 1992.

[8] Anil K. Jain , Farshid Farrokhnia, "Unsupervised texture segmentation using Gabor filters", Pattern Recognition, Vol.24 No.12, pp.1167-1186, Dec. 1991.

[9] 김보람, 오준택, 김옥현, "지역적 엔트로피와 텍스처의 주 성분 분석을 이용한 문서영상의 분할 및 구성요소 분류", 정보처리학회, 제16-B권, 제5호, pp. 377-384, 2009.

[10] M-W Lin, J-R Tapamo, B Ndovie, "A texture-based method for document segmentation and classification," ARIMA/SACJ, Vol.36, pp.49-56, 2006.



박 근 혜(Kun-hye Park)

2008년 영남대 컴퓨터공학과(공학사)
2008년~현재영남대 컴퓨터공학과 석사과정
※주관심분야 : 영상처리, 패턴인식



김 보 램(Bo-ram Kim)

2003년 경희대 컴퓨터공학과(공학사)
2005년 영남대 컴퓨터공학과(공학석사)
2007년 영남대 컴퓨터공학과(박사수료)
2005년~현재 영남대 컴퓨터공학과 박사과정

※주관심분야 : 영상분할, 의료영상처리



김 옥 현(Wook-hyun Kim)

1981년 경북대 전자공학과(공학사)
1983년 경북대 전자공학과(공학석사)
1993년 일본쓰쿠바 대학공학연구과(공학박사)
1983년~1993년 한국전자통신연구원 선임연구원

1994년~현재 영남대학교 전자정보공학부 교수

※주관심분야 : 시각정보처리, 영상처리