

Character Segmentation and Recognition Algorithm for Various Text Region Images

구근휘* · 최성후** · 윤종필** · 최중현*** · 김상우†
 (Keunhwi Koo · SungHoo Choi · Jong Pil Yun · JongHyun Choi · Sang Woo Kim)

Abstract - Character recognition system consists of four step; text localization, text segmentation, character segmentation, and recognition. The character segmentation is very important and difficult because of noise, illumination, and so on. For high recognition rates of the system, it is necessary to take good performance of character segmentation algorithm. Many algorithms for character segmentation have been developed up to now, and many people have been recently making researches in segmentation of touching or overlapping character. Most of algorithms cannot apply to the text regions of management number marked on the slab in steel image, because the text regions are irregular such as touching character by strong illumination and by trouble of nozzle in marking machine, and loss of character. It is difficult to gain high success rate in various cases.

This paper describes a new algorithm of character segmentation to recognize slab management number marked on the slab in the steel image. It is very important that pre-processing step is to convert gray image to binary image without loss of character and touching character. In this binary image, non-touching characters are simply separated by using vertical projection profile. For separating touching characters, after we use combined profile to find candidate points of boundary, decide real character boundary by using method based on recognition. In recognition step, we remove noise of character images, then recognize respective character images. In this paper, the proposed algorithm is effective for character segmentation and recognition of various text regions on the slab in steel image.

Key Words : Character segmentation, Recognition, Various text region, Steel image, Management number

1. 서론

제철소에서 생산된 모든 슬라브(slab)는 관리번호에 따라 제품을 가공하고 생산하는 절차가 다르므로, 각각을 구별하기 위해 고유의 관리번호가 기록되어 있다. 관리번호의 확인 작업은 효율적인 철강제품관리를 위해 필수적이기 때문에, 현재 조업원이 호스트 컴퓨터에서 보내온 관리번호와 슬라브에 기록된 관리번호의 일치여부를 육안으로 검사하고 있다. 관리번호의 육안식별은 단순반복 작업이므로, 조업원의 피로도가 누적 될 수 있으며 이는 대형 품질사고로 이어질 수 있다. 이 점을 해결하기 위해 영상처리를 이용한 관리번호 자동인식시스템[1]이 필요하다.

관리번호 자동인식시스템은 영상에서 관리번호를 인식한 후 호스트 컴퓨터에서 보내온 관리번호와의 일치여부를 판단하고 불일치할 경우 경보를 울리는 방식으로 구성되어 있다. 이 시스템을 이용할 경우 조업원은 경보가 울릴 때만

관리번호의 일치여부를 확인하면 되기 때문에 조업원의 작업효율을 향상시킬 수 있다. 관리번호 자동인식시스템에서 가장 중요한 부분인 문자정보인식과정은 크게 문자열검출 단계, 개별문자분리 단계, 그리고 문자인식 단계로 이루어져 있으며, 본 논문에서는 검출된 문자열의 개별문자분리 및 인식 단계에 대하여 기술한다. 지금까지 개별문자분리 알고리즘에 대하여 많은 연구가 되어왔고[2], 최근에는 조명, 노이즈 등의 영향으로 발생하는 붙은문자를 분리하는 방법들이 연구되고 있다. 이런 개별문자분리 알고리즘들을 크게 3가지의 범주로 분류하면 첫 번째로 문자열의 특징을 이용한 dissection 방법, 두 번째로 인식기를 이용하여 문자를 분리하는 recognition based 방법, 세 번째로 문자열 전체의 특징을 이용한 holistic 방법이 있다. 그리고 최근 붙은문자를 분리하는 방법으로 Log-Gabor 필터를 이용한 방법[3], 신경망의 MLP(Multi-Layer Perceptron)를 이용한 방법[4], foreground/background 분석방법[5], dissection 방법과 recognition based 방법을 혼합된 방법[6], 그리고 명도영상에서의 비선형문자분리 방법[7] 등이 있다. 하지만 본 논문에서 사용되는 관리번호가 기록된 문자열영상은 여러 가지 요인에 의해 영상데이터의 질이 매우 낮고 다양한 종류의 문자열영상이 존재하기 때문에 이런 방법들을 바로 적용하기 힘들다. 또한 위 알고리즘들을 관리번호가 기록된 문자열영상에 적용할 경우, 특정한 영상에서 좋은 성능을 보이지

* 정 회 원 : 포항공대 전자전기공학과 박사과정

** 정 회 원 : 포항공대 전자전기공학과 통합박사과정

*** 정 회 원 : 포항공대 전자전기공학과 박사과정

† 교신저자, 정회원 : 포항공대 전자전기공학과 부교수 · 공박

E-mail : swkim@postech.ac.kr

접수일자 : 2009년 2월 5일

최종완료 : 2009년 3월 1일

만, 다양한 영상에 대해서는 관리번호 인식이 높지 않다. 그래서 모든 경우에 대하여 높은 관리번호 인식률을 나타내는 개별문자분리 및 인식 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 일반적인 문자열영상, 외부로부터의 강한 조명이나 마킹장치의 페인트 분사 노즐 이상으로 인하여 붙은문자가 발생한 문자열영상, 그리고 고온에 의한 글자의 일부가 불에 타 소실된 문자열영상 등 모든 경우에 대하여 신뢰성 있게 개별문자로 분리한 후, 관리번호를 인식할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성으로 2장에서는 제안된 알고리즘에 관하여 세부적으로 설명하고, 3장에서는 관리번호 인식을 결과 및 분석에 관하여 기술한 뒤 결론을 내린다.

2. 본 론

철강 생산과정에서 만들어진 슬라브는 그림 1과 같이 관리번호가 기록되어 있고 문자인식시스템의 문자열 검출 알고리즘을 적용하면 문자열영상(그림 2)을 추출 할 수 있다 [8]. 본 논문에서 적용할 문자열영상은 그림 2와 같이 9개의 문자들로 구성되어있고, 각 문자들은 인쇄체로 기록되어있다. 이런 문자들의 폭은 항상 높이의 0.8배보다 작고 0.2배보다 크다. 본 논문에서는 문자열영상을 9개의 문자로 각각 분리하고 8개의 숫자만 인식하는 과정에 대하여 기술한다.

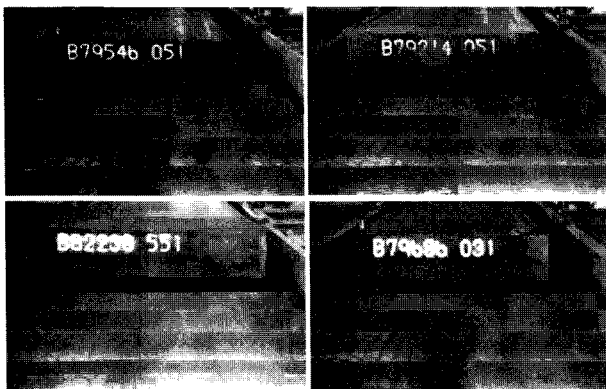


그림 1 슬라브에 기록된 관리번호
Fig. 1 Slab management numbers marked on slab

관리번호가 기록된 문자열영상은 강한 조명, 마킹장치의 이상, 그리고 고온에 의한 문자소실 등의 영향으로 다양하다. 그림 2와 같이 이런 다양한 문자열영상을 본 논문에서는 크게 4가지 종류로 분류한다. 그림 2의 (ㄱ)은 일반적인 문자열영상으로 수직투영프로파일 분석을 통하여 쉽게 개별 문자분리가 가능하다. 고온에 의하여 문자들이 소실된 그림 2의 (ㄴ)은 일반적인 문자열영상과 마찬가지로, 쉽게 개별 문자분리가 가능하지만 소실된 문자들을 최대한 이진영상에 나타내야 하는 문제점이 있다. 강한 조명 때문에 전체적으로 밝은 그림 2의 (ㄷ)을 이진영상으로 변환 할 경우 대부분의 문자들이 붙어 있고 문자간의 경계가 모호하기 때문에 개별문자로 분리하는데 어려움이 있다. 그림 2의 (ㄹ)은 부

분적으로 밝은 문자열 영상으로 조명과 마킹장치의 고장 때문에 각각의 문자가 두꺼워지거나 노이즈가 발생하는 경우이다. 그리고 그림 2의 (ㄹ)에서 4번째, 5번째 영상과 같이 문자열 상단에 강한 노이즈가 존재하는 경우도 있다.



그림 2 다양한 문자열영상
Fig. 2 Various text region images

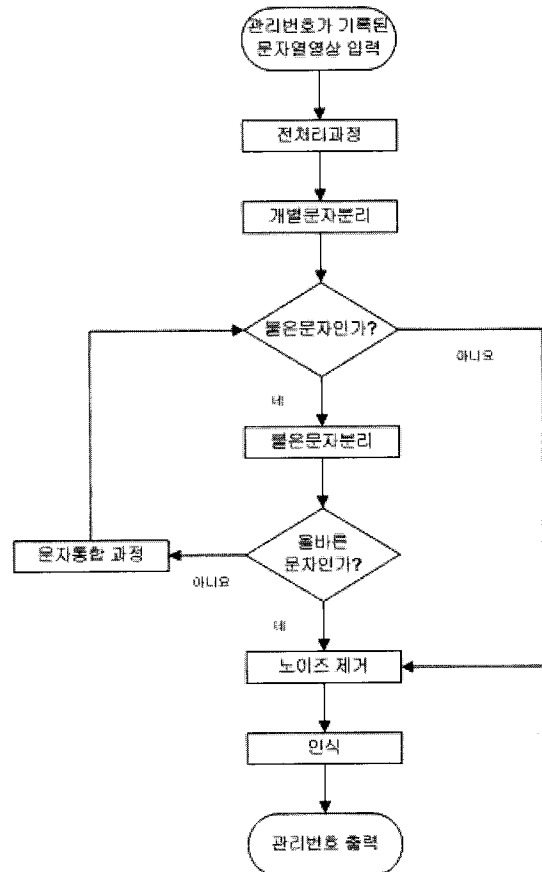


그림 3 제안된 알고리즘
Fig. 3 Proposed algorithm

2.1 전처리과정

전처리과정의 목표는 명도영상에서 문자의 소실 없이 최대한 불은문자가 발생하지 않도록 이진영상으로 변환하는 것이다. 본 논문의 입력영상인 명도영상을 이진영상으로 변환하기 위해 글로벌 이진화과정에서 가장 많이 사용되는 Otsu's 방법[10]을 이용하면 전체적으로 밝거나 소실된 문자 열 영상에서는 좋은 성능을 보이지 못한다. 그래서 그림 4와 같은 방법으로 이진화 과정을 수행한다.

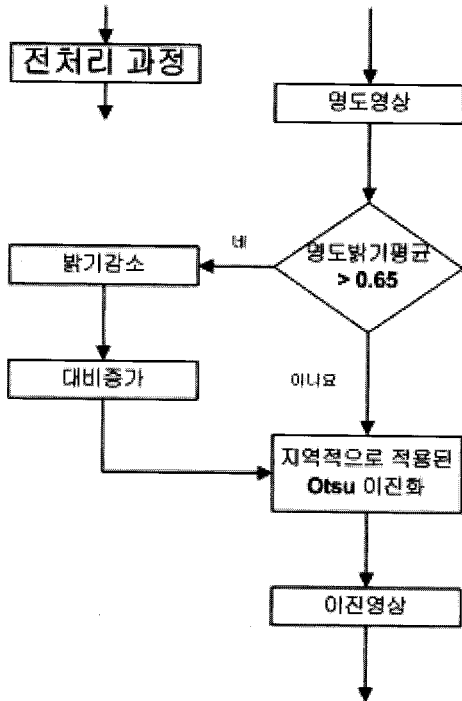


그림 4 전처리과정
Fig. 4 Pre-processing

입력영상으로 명도영상이 들어오면 전체적으로 밝은지 명도영상의 밝기 평균값을 이용하여 판단한다. 만약 밝은 영상으로 판단된다면 우선 감마함수[11]를 사용하여 밝기 값을 낮춘다. 이런 영상들은 문자의 밝기와 문자경계부분의 밝기가 서로 비슷하기 때문에 이진영상에서 불은문자가 많이 존재한다. 이 점을 해결하기 위하여 영상의 대비정보를 높이면 문자사이의 경계가 확연하게 나타난다. 이렇게 명도영상의 밝기 값을 감소시키고 대비 값을 증가시킨 결과 영상은 그림 5의 (ㄴ)과 같다. 밝기정보와 대비정보를 조절하였을 경우 문자간의 경계가 명확하게 나타나고 불은문자가 적게 발생함을 확인 할 수 있다.

높은 온도의 영향으로 명도영상에서 희미하게 보이는 문자를 이진영상에 나타내기 위하여 지역적으로 적용된 Otsu's 방법[12]을 사용한다. 이 방법은 그림 6의 (ㄱ)과 같이 명도영상을 여러 블록으로 분할한 뒤 각 블록마다 Otsu's 방법의 이진화 과정을 적용한 것이다. 희미하게 보이는 문자는 전체 영상의 밝기 분포에서 낮은 쪽에 속하지만 분할된 블록에서는 높은 쪽에 속하기 때문에, 이 방법을

사용하면 희미하게 보이는 문자를 이진영상에 나타낼 수 있다. 일부 소실된 영상인 그림 2의 (ㄴ)을 이진영상으로 변환한 결과는 그림 6의 (ㄴ)과 같다.



그림 5 명도영상의 밝기 및 대비정보 조절
Fig. 5 Adjusting brightness and contrast in gray image

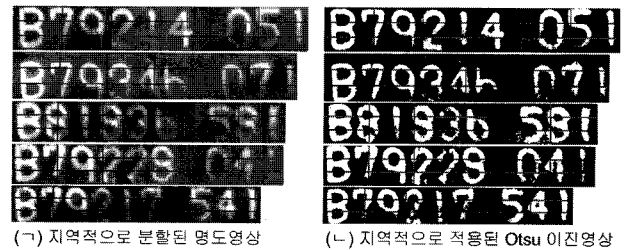


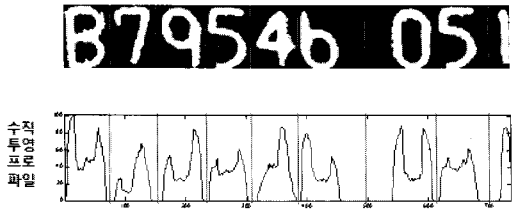
그림 6 지역적으로 적용된 Otsu 이진화
Fig. 6 Multi-local Otsu's binarization



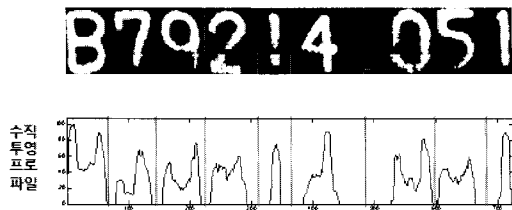
그림 7 전처리과정의 결과(그림 2의 이진영상)
Fig. 7 Result of pre-processing (binary image of Fig. 2)

전처리 과정으로 변환된 이진영상에서 배경부분에 나타나는 노이즈를 제거하기 위하여 형태학적 디지털영상처리 기법인 열림 연산자[11]를 사용한다. 이렇게 그림 2의 이진영상은 그림 7과 같다.

2.2 개별문자분리



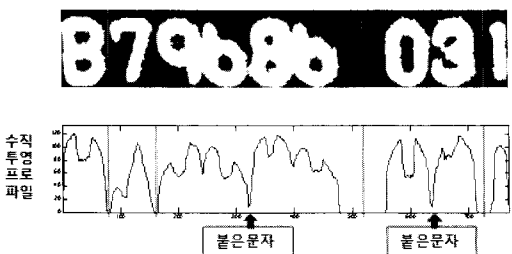
(ㄱ) 이진영상의 수직투영프로파일



(ㄴ) 이진영상의 수직투영프로파일



(ㄷ) 이진영상의 수직투영프로파일(붙은문자 존재)



(ㄹ) 이진영상의 수직투영프로파일(붙은문자 존재)

(폭 $\geq 0.8 \times$ 높이 \Rightarrow 붙은문자)

그림 8 개별문자분리

Fig. 8 Character segmentation

본 논문에서 이진영상의 흰색화소는 문자, 검은색화소는 배경을 나타낸다. 전처리 과정으로 변환된 이진영상에서 흰색화소의 수직투영프로파일은 그림 8과 같다. 수직투영프로파일은 각 열의 흰색화소 전체 수를 그래프로 나타낸 것이다. 붙은문자의 경계가 아닌 일반적인 문자간의 경계 부분

은 검은색화소만 존재하기 때문에 수직투영프로파일 값이 0인 지점을 문자간의 경계로 판단 할 수 있다. 이 지점에서 수직방향으로 문자를 분리하는 개별문자분리과정을 수행한다. 붙은문자가 존재하지 않는 그림 8의 (ㄱ), (ㄴ) 경우에는 9개의 개별문자로 분리한 후 노이즈제거과정을 거쳐 관리번호를 인식한다. 하지만 붙은문자가 존재하는 그림 8의 (ㄷ), (ㄹ) 경우에는 2.3절에서 기술 할 붙은문자분리 과정이 필요하다. 우선, 개별문자분리과정으로 분리된 영상들 중 붙은문자인지 판단하는 기준으로 본 논문의 인쇄체 문자특징을 이용한다. 분리된 영상의 폭이 높이의 0.8배 보다 크다면 붙은문자로 판단하고 2.3절의 붙은문자분리 과정을 수행한다. 개별문자분리과정의 결과 및 붙은문자 분류는 그림 8과 같다.

2.3 붙은문자분리

개별문자분리과정 후 붙은문자로 판단된 영상들은 붙은문자분리과정을 수행한다. 우선, 다양한 프로파일들을 분석한 뒤 통합된 문자경계후보지점 점수를 계산한다. 이 점수를 이용하여 붙은문자경계 후보지점을 찾고, 인식 기반으로 올바른 붙은문자경계지점을 선택한다. 붙은문자분리과정의 세부내용은 다음과 같다.

2.3.1 모든 문자경계 후보지점 추출

붙은문자의 경계를 찾기 위해 사용된 기존의 방법들은 한 가지 또는 두 가지 프로파일 분석을 통하여 문자경계 후보지점을 찾는다. 이는 각각의 프로파일에서 올바른 문자경계를 찾는 경우도 발생하고 잘못된 문자경계를 찾는 경우도 발생하기 때문에 어떤 프로파일을 사용할 지에 대한 문제점이 있다. 그래서 본 논문에서는 다양한 프로파일들을 이용하여 붙은문자 경계가 될 수 있는 모든 지점들을 찾은 뒤 통합과정을 수행하여 실제 붙은문자 경계지점들을 선택한다.

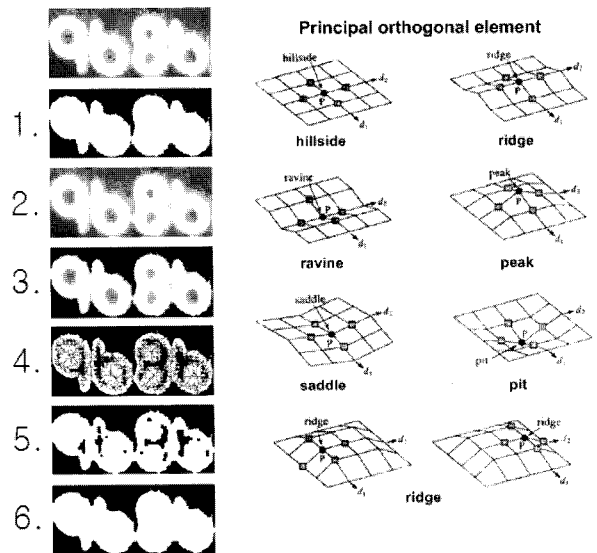


그림 9 특징이진영상

Fig. 9 Feature binary image

- 1단계 : Otsu's 방법을 사용하여 명도영상을 이진영상으로 변환한 후 hole 부분을 흰색화소로 채운다.
- 2단계 : 평균필터를 이용하여 명도영상을 부드럽게 만든다.
- 3단계 : 이진영상의 흰색화소 부분에 해당하는 2단계의 명도영상을 추출한다.
- 4단계 : 3단계에서 추출된 명도영상의 각 화소에 대한 특징들을 구한 뒤 hillside, peak, 그리고 ridge에 해당하는 화소들을 더해서 이진영상을 만든다.
- 5단계 : 닫힘 연산자를 이용하여 각 화소들을 연결한다.
- 6단계 : hole 부분을 흰색 화소로 채운다.

프로파일 분석에 사용되는 영상은 이진영상, 특징이진영상, 그리고 명도영상이다. 명도영상에서 각 화소의 특징은 hillside, peak, ridge, pit, saddle, 그리고 ravine 으로 구성되어 있고[13], 특징이진영상은 문자간의 경계부분을 차지하고 있는 화소들이 주변 화소보다 명도 값이 작은 pit, saddle, 그리고 ravine 특징을 가지고 있다는 점을 이용하여 만든다. 특징이진영상을 만드는 과정은 그림 9와 같다.

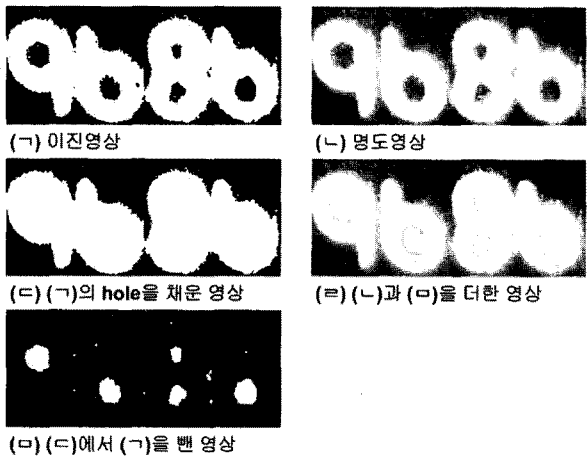


그림 10 hole을 채운 이진영상 및 명도영상
Fig. 10 Binary image and gray image by hole filled with white pixel

불은문자의 경계지역은 명도영상에서 명도 값이 문자지역보다 낮고, 이진영상 및 특징이진영상에서 흰색화소의 수가 적게 분포하는 특징을 가지고 있기 때문에, 이진영상, 특징이진영상, 그리고 명도영상의 수직투영프로파일에서 valley가 되는 부분이 문자경계후보지점이 될 수 있다. 뿐만 아니라 이진영상과 특징이진영상의 상단에서 첫 번째로 흰색 화소가 나타나는 지점을 그래프로 표현한 Top-down 프로파일에서도 valley가 되는 부분이 문자경계후보지점이 될 수 있다. 이진영상과 명도영상의 수직투영프로파일 분석을 할 때 이진영상의 hole이 있는 지역은 문자경계후보지점이라고

판단되는 경우가 많이 발생한다. 왜냐하면 문자를 이루고 있는 지역에 이진영상은 검은색 화소로 이루어진 hole이 존재하고, 명도영상은 명도 값이 작은 화소들이 존재하기 때문이다. 그래서 그림 10과 같이 이진영상과 명도영상의 hole을 채우는 과정이 필요하다. 이진영상의 hole을 채우는 과정은 그림 10의 (b)과 같이 간단하지만, 명도영상의 경우 hole이 되는 부분을 찾는 것이 힘들기 때문에 이진영상에서 hole이 되는 부분(그림 10. (b))을 찾은 뒤 명도영상에 흰색 화소로 채워주면 그림 10의 (c)과 같은 결과를 얻을 수 있다. 이렇게 생성된 이진영상, 명도영상, 그리고 특징이진영상의 5가지 프로파일 분석(수직투영프로파일 : 3, Top-down 프로파일 : 2) 및 문자경계후보지점은 그림 11과 같고, 모든 문자경계후보지점을 추출할 수 있다.

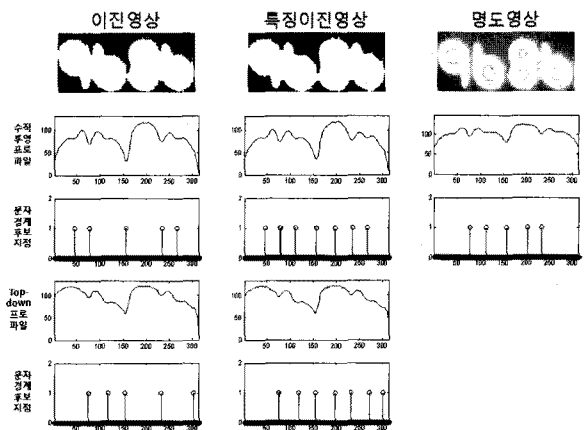


그림 11 수직투영프로파일 및 Top-down프로파일 분석
Fig. 11 Vertical projection profile and top-down profile analysis

2.3.2 통합된 문자경계후보지점 점수 계산

모든 문자경계후보지점들을 통합하는 과정은 다음 식을 통하여 수행된다.

$$Score(c) = \sum_{i=1}^5 \sum_{r=-5}^5 \frac{100}{numberOfpoint(i)} \cdot (10 - |r|) \cdot G_i(c+r)$$

- c : c 번째 column, i : i 번째 그래프
- $G_i(k)$: i 번째 그래프에서 k 지점의 값 (0 또는 1)
- $numberOfpoint(i)$: i 번째 그래프의 문자경계 후보지점들의 총수

그림 12와 같이 5가지 문자경계후보지점 그래프를 이용하여 위 식으로 각 열에 대한 통합된 문자경계후보지점 점수를 계산한다. 5가지의 각 그래프에서 실제 문자경계지점의 수에 비해 문자경계후보지점이 많이 존재한다면 그 지점들의 신뢰성은 떨어지기 때문에, 각 그래프의 문자경계후보지점들의 총수에 반비례하도록 위 식을 구성하였다. 그리고 통합된 점수 그래프에서 해당 column, c 의 통합된 문자경계후보지점 점수는 좌우 10 화소 범위 안에 속하는 모든 값을 더한다. 이때 c 와의 거리에 반비례하게 더한다. 이렇게 위

식을 이용하여 통합된 문자경계후보지점들의 점수가 계산되고 최종 그래프와 영상은 그림 12의 오른쪽과 같다.

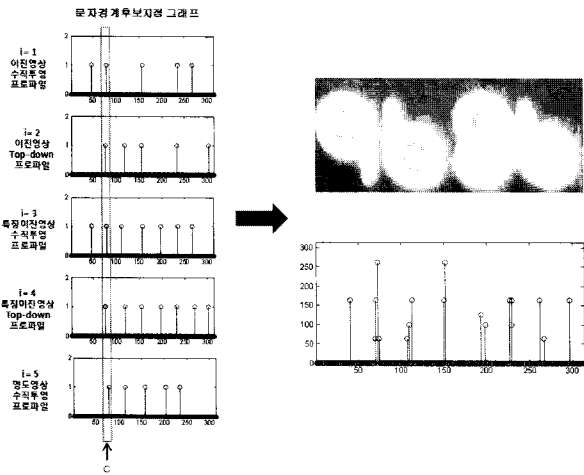


그림 12 통합된 문자경계후보지점 점수 그래프
Fig. 12 Score graph for combined candidate boundary region between characters

2.3.3 통합된 문자경계후보지점 선택 및 붙은문자분리

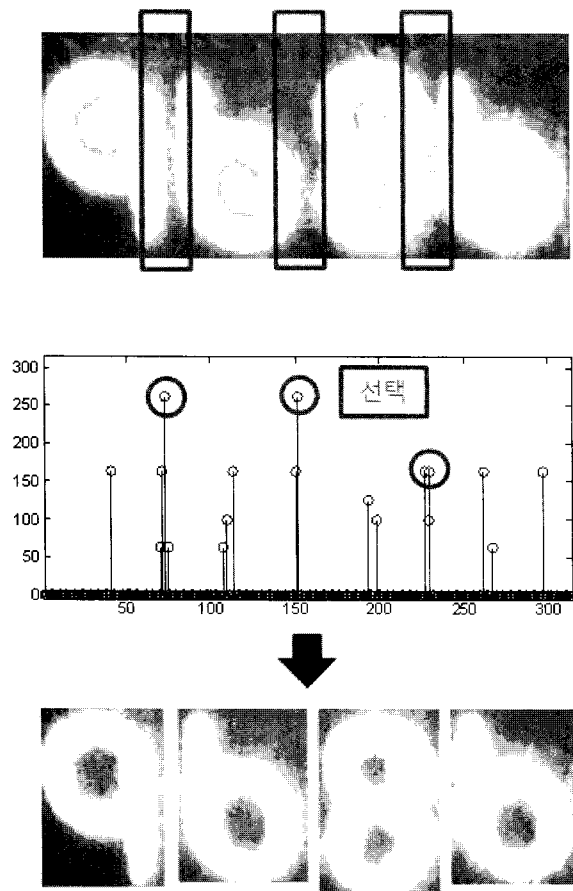


그림 13 붙은문자분리
Fig. 13 Touching character segmentation

그림 12의 통합된 점수 그래프로부터 통합된 문자경계후보지점을 선택하기 위하여 인쇄체 문자의 특징을 이용한다. 인쇄체 문자의 폭은 높이의 0.8배보다 항상 작기 때문에, 이 범위 안에는 항상 문자간의 경계가 존재한다. 이 범위에 속하는 지역에서 통합된 점수 그래프의 값이 최대인 지점을 통합된 문자경계후보지점으로 선택한다. 즉, 통합된 점수 그래프의 0지점에서 높이의 0.8배 범위에 속하는 점수 중 최대값을 가지는 지점이 통합된 문자경계후보지점으로 선택된다. 그리고 다시 선택된 지점을 기준으로 앞의 과정을 반복한다.

이렇게 선택한 통합된 문자경계후보지점은 정확히 붙은문자의 경계지점과 일치하는 것이 아니라, 이 지점 주위에 붙은문자의 경계가 존재할 가능성이 높은 지점이다. 그래서 이 지점을 중심으로 좌우 일정범위의 명도영상 수직투영프로파일 값을 구한 뒤 최소가 되는 지점을 선택한다. 이 지점을 보다 정확한 붙은문자 경계지점이라고 할 수 있다. 이렇게 선택된 지점에서 붙은문자를 분리한다. 통합된 문자경계후보지점 선택 및 붙은문자분리 과정은 그림 13과 같다.

2.3.4 인식을 기반으로 한 올바른 붙은문자분리 선택

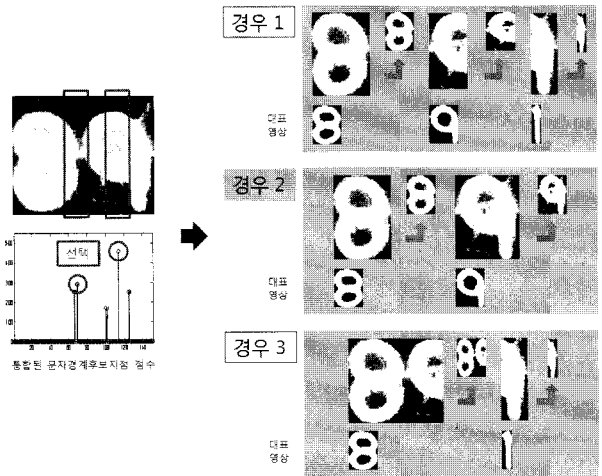


그림 14 인식을 기반으로 한 올바른 붙은문자분리 선택
Fig. 14 Choosing correct touching character segmentation based on recognition

통합된 문자경계후보지점이 그림 13과 같이 실제 붙은문자경계의 수에 맞게 선택되어 올바르게 분리하는 경우가 있는 반면 그림 14와 같이 실제 붙은문자경계의 수보다 더 많은 통합된 문자경계후보지점을 선택하는 경우가 발생할 수 있다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 인식을 기반으로 한 올바른 붙은문자경계지점을 선택한다. 우선, 통합된 문자경계후보지점에서 영상을 분리 하였을 때 개별문자로 판단되는 모든 후보영상들을 추출한다. 분리된 영상의 폭이 높이의 0.2배보다 크고 높이의 1배 보다 작으면 개별문자영상으로 판단한다. 이렇게 추출된 개별문자영상들을 이용하여 그림 14의 경우 1, 경우 2, 그리고 경우 3과 같이 원래의 영상으로 복원 가능한 모든 조합을 구성한다. 2.5절에서 기술한 인식과정을 이용하여 각 경우의 개별문자영상들을 인식한 후 인식결과에 일치하는 대표영상과의 Euclidean 거리를 계

산한다. 개별문자영상과 대표영상은 높이 48, 폭 36으로 정규화(숫자 '1'은 높이 48, 폭 12로 정규화)하여 거리를 계산한다. 각 경우의 개별문자영상들에 대한 모든 거리를 더했을 때 최소가 되는 경우를 올바른 붙은문자분리로 선택한다. 왜냐하면 개별문자영상이 올바르게 분리되었을 때 인식 결과의 대표영상과 서로 비슷한 형태를 가지기 때문이다. 이런 과정을 그림 14에서 나타내었고 경우 2를 올바른 붙은문자분리로 선택할 수 있다.

2.4 개별문자 판단 및 문자통합 과정

붙은문자분리과정에서 문자경계후보지점을 잘못 선택하여, 최종적으로 실제 문자경계가 아닌 다른 지점에서 개별문자로 분리하는 경우가 있다. 특히, 그림 15와 같이 숫자 '9', 숫자 '7', 그리고 숫자 '6'의 가운데 부분에서 통합된 문자경계후보지점 점수가 높게 계산된다. 왜냐하면 이런 숫자들의 가운데 부분은 이진영상, 특징이진영상, 그리고 명도영상의 수직투영프로파일에서 valley로 판단 될 수 있기 때문이다. 그래서 올바르게 분리된 개별문자인지 판단하고 만약 잘못 분리되었다면 주위 영상과 통합한 후 다시 붙은문자분리과정을 수행한다.

올바른 개별문자인지 판단하기 위하여 붙은문자분리 후 이진영상을 구한다. 이진영상에서 흰색 화소들의 분포에 따라 그림 15와 같이 통합과정을 수행한다. 숫자 '9'와 숫자 '7'을 잘못 분리 하였을 때 분리된 왼쪽 이진영상의 상단에만 흰색 화소가 모두 분포하는 특징을 이용하여, 이 경우 오른쪽 문자와 통합한다. 반면 숫자 '6'을 잘못 분리 하였을 때 분리된 오른쪽 이진영상의 하단에만 흰색화소가 모두 분포하는 특징을 이용하여, 이 경우 왼쪽 문자와 통합한다.

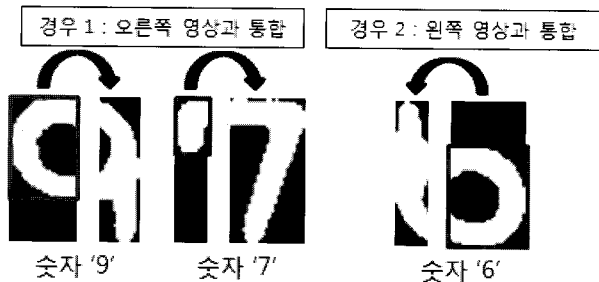


그림 15 문자통합 과정
Fig. 15 Character integration process

개별문자 판단과정에서 잘못 분리된 개별문자로 판단한 뒤 통합과정을 수행한 영상은 올바른 개별문자영상이거나 붙은문자영상일 것이다. 올바른 개별문자영상일 경우 2.5절의 인식 과정을 수행하고 붙은문자영상일 경우 다시 붙은문자분리과정을 그림 16과 같이 수행한다. 이때 붙은문자분리과정은 단순히 통합된 영상 중 잘못 분리된 개별문자영상 부분을 제외한 나머지 명도영상에서 수직투영프로파일이 최소가 되는 지점을 선택하여 개별문자로 분리한다. 그림 16은 예제 영상의 개별문자 판단 및 통합과정 후 다시 개별문자로 분리하는 과정을 나타내고 있다.

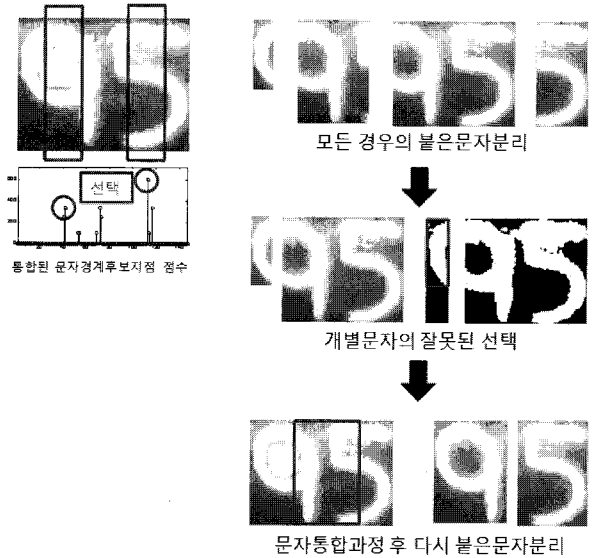


그림 16 문자통합 과정의 예
Fig. 16 Example of character integration process

지금까지 관리번호가 기록된 문자열영상의 개별문자분리과정을 기술하였다. 2.5절에서는 분리된 개별문자의 노이즈를 제거하고 인식하는 과정을 기술한다.

2.5 인식

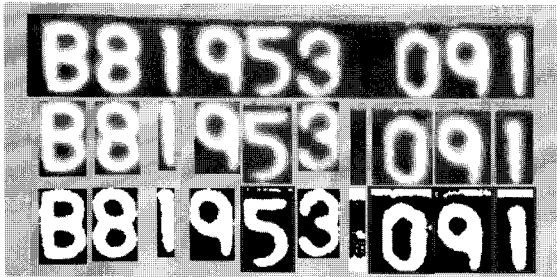
분리된 개별문자를 인식하기 위하여 본 논문에서는 폭/높이의 비율 및 Multi-class SVM 중 One-to-one SVM 방법을 사용한다. 그리고 One-to-one SVM 인식기의 입력 영상은 높이 48, 폭 36으로 정규화된 이진영상이다. 이진영상은 잘못된 인식 결과를 도출하는 노이즈를 포함할 수 있고 노이즈가 개별문자로 판단되어 분리된 경우도 발생하기 때문에 분리된 개별문자영상의 노이즈 제거과정이 필요하다.

2.5.1 분리된 개별문자영상의 노이즈 제거

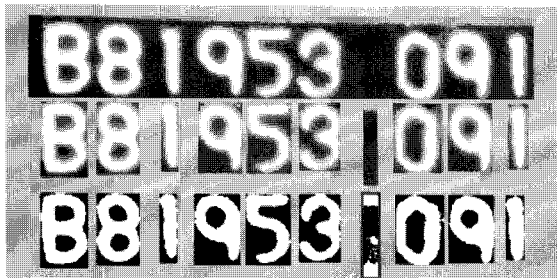
노이즈 제거과정은 두 단계로 진행된다. 1단계에서는 변환된 이진영상에 포함된 노이즈를 제거한다. 디지털영상처리 기법인 열림 연산자[11]를 사용하여 작은 크기의 노이즈를 제거한 후 인식결과에 많은 영향을 미치는 노이즈를 라벨링 기법으로 찾는다. 이진영상을 라벨링하였을 때 각 라벨을 구성하는 화소의 수가 일정 크기 이하일 경우 노이즈로 판단한다. 이런 노이즈가 제거된 개별문자영상을 트림했을 때 높이 또는 폭의 변화에 영향을 미치고, 높이와 폭의 큰 변화를 발생하지 않는 경우의 노이즈만 제거한다. 그림 17의 (ㄱ)에서 노이즈가 포함된 개별문자영상은 1단계 노이즈 제거과정으로 노이즈를 제거할 수 있고 그림 17의 (ㄴ)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

2단계에서는 관리번호가 9개의 문자로 구성되어 있다는 사전정보를 이용하여, 분리된 개별문자영상 10개 이상일 경우 노이즈로 판단되는 영상을 제거하고 실제 개별문자영상을 선택하는 과정을 수행한다. 노이즈로 판단되는 영상은 이진영상에서 흰색화소 수가 작게 나타나기 때문에, 각 개별

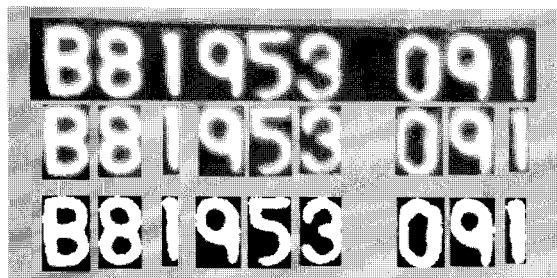
문자 이진영상에서 흰색화소의 총 수가 많은 순으로 실제 개별문자영상 9개를 선택한다. 그림 17의 (ㄴ)에 포함된 노이즈 영상을 2단계 노이즈 제거과정으로 제거할 수 있고 그림 17의 (ㄷ)과 같은 결과를 얻을 수 있다. 이렇게 노이즈가 제거된 9개의 개별문자 이진영상은 인식기의 인식률을 향상시킬 수 있다.



(ㄱ) 분리된 개별문자영상



(ㄴ) 1단계 노이즈 제거 후 개별문자영상



(ㄷ) 2단계 노이즈 제거 후 개별문자영상

그림 17 노이즈 제거과정
Fig. 17 Noise elimination process

2.5.2 개별문자영상의 인식

노이즈가 제거된 개별문자영상들을 인식하는 단계이다. 우선 숫자 '1'의 경우는 폭/높이의 비율이 다른 숫자들 '0' ~ '9' 보다 매우 작기 때문에 이를 이용하여 개별문자영상의 폭/높이의 비율이 0.4 보다 작으면 숫자 '1'로 인식한다. 그리고 숫자 '1'을 제외한 나머지 숫자 '0' ~ '9'는 One-to-One SVM을 이용하여 인식한다. One-to-One SVM 인식기는 이진 분류기 SVM(Support Vector Machine)[14]을 확장한 Multi-Class SVM의 한 종류로 우수한 성능을 보인다. 본 논문에서는 분리된 개별문자 이진영상을 높이 48, 폭 36으로 정규화하고 이 영상을 48X36 차원의 벡터로 만든다. 이렇게

만들어진 48X36 차원의 벡터는 One-to-One SVM 인식기의 입력이 되고 인식된 결과 값이 출력된다. 그림 18은 숫자 '0' ~ '9'까지의 개별문자영상에 대한 인식과정을 나타낸 것이다.

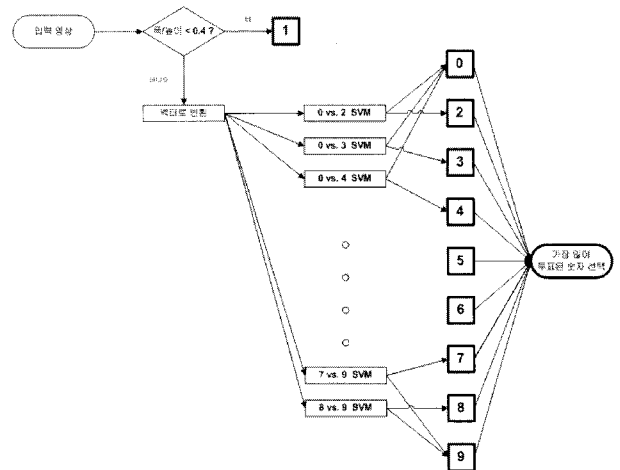


그림 18 인식과정
Fig. 18 Recognition process

3. 실험결과 및 분석

본 논문에서 제안된 개별문자분리 및 인식 알고리즘을 관리번호가 기록된 문자열영상 10916장에 적용하였다. 일반적인 문자열영상, 불에 타 일부 소실된 문자열영상, 그리고 강한 조명과 마킹장치의 이상으로 전체적으로 또는 부분적으로 밝아진 문자열영상에 대하여 그림 19와 같이 개별문자분리가 성공되었음을 확인 할 수 있었다. 특히, 개별문자분리 과정에서 가장 문제가 되는 부분인 불은문자분리에 대하여 제안된 알고리즘을 적용하면 그림 19의 (ㄷ), (ㄹ)과 같이 성공적으로 분리 할 수 있었다.

표 1 관리번호 인식 결과

Table 1 Recognition result of slab management numbers

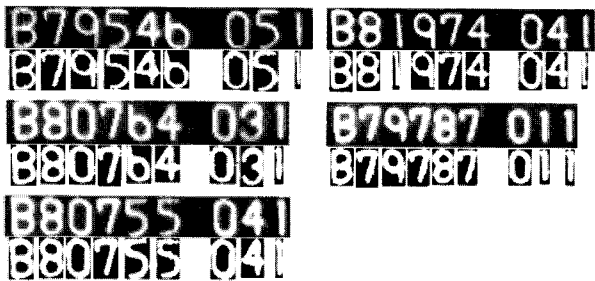
총 영상	성공영상	실패영상	성공률
10916 장	10643 장	273 장	97.50 %

표 2 실패영상 분석

Table 2 Analysis of fail images

bad 영상	인식 실패영상	이진화 실패영상	불은문자분리 실패영상
141 장	17 장	74 장	41 장
1.29 %	0.15 %	0.68 %	0.38 %

관리번호가 기록된 문자열영상을 개별문자로 분리하고 분리된 영상을 인식과정을 통하여 인식한 최종 결과는 표 1과 같다. 총 10916장의 관리번호가 기록된 문자열영상 중 10643장의 관리번호를 올바르게 인식하여 97.50%의 높은 인식률을 얻을 수 있었다. 실패한 영상 273장 중 141장(전체 1.29%)은 bad 영상으로 분류한다. bad 영상이란 것은 그림 20과 같이 많이 소실된 문자열영상 또는 강한 노이즈가 존재하는 문자열영상으로 대부분 육안으로 식별하기 어렵거나 영상처리를 통한 문자인식이 불가능하다. 이런 영상들은 본 논문의 적용영상에서 제외할 수 있다.



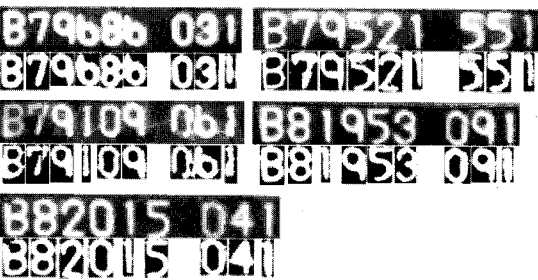
(ㄱ) 그림 2 (ㄱ)의 개별문자분리영상



(ㄴ) 그림 2 (ㄴ)의 개별문자분리영상



(ㄷ) 그림 2 (ㄷ)의 개별문자분리영상



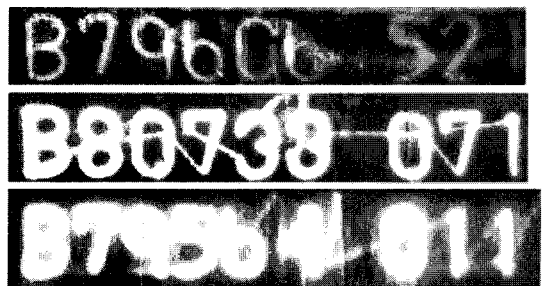
(ㄹ) 그림 2 (ㄹ)의 개별문자분리영상

그림 19 개별문자분리 결과 영상
Fig. 19 Result images of character segmentation

실패영상 273장 중 bad 영상을 제외한 132장의 실패요인은 표 2와 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째로 개별문자분리는 성공했지만 인식과정에서 실패한 영상 17장(전체 0.15%), 두 번째로 전처리과정에서 이진영상으로 변환했을 때 많은 문자의 소실이나 노이즈가 발생하여 실패한 영상 74장(전체 0.68%), 세 번째로 붙은문자분리과정에서 실패한 영상 41장(전체 0.38%)이었다. 본 논문에서 제안된 알고리즘의 관리번호 인식 성공률을 더욱 높이기 위해서 붙은 문자 분리 성능 향상 및 전처리과정의 이진화 성능 향상이 필요하다. 개별문자분리 및 인식 단계의 성공률이 99% 이상으로 향상된다면 관리번호 자동인식시스템의 신뢰도가 매우 높아질 것이고, 철강제품을 관리하는 조업원의 작업효율을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.



(ㄱ) 많이 소실된 문자열영상



(ㄴ) 강한 노이즈가 존재하는 문자열영상

그림 20 Bad 문자열영상
Fig. 20 Bad text region images

4. 결 론

본 논문에서 제안된 알고리즘은 외부로부터의 강한 조명, 마킹장치의 페인트 분사 노즐 이상, 그리고 글자의 일부가 불에 타 소실된 경우를 고려하여 신뢰성 있게 개별문자분리 및 문자인식을 수행하도록 구성되어 있다. 전처리과정에서 명도영상의 밝기와 대비정보 조절 및 지역적으로 적용된 Otsu's 이진화 방법 사용으로 이진화 성능을 향상시킬 수 있었다. 붙은문자분리과정에서 다양한 프로파일 분석을 이용함으로써 잘못된 문자경계의 선택을 최대한 피할 수 있었고, 문자의 높이/폭 비율을 이용한 문자 판단 및 통합과정으로 붙은문자분리 성능을 향상시킬 수 있었다. 그리고 분리된 개별문자들의 노이즈 제거과정을 통하여 인식 성능을 향상시킬 수 있었다.

관리번호가 기록된 다양한 문자열영상의 개별문자분리 및 인식과정으로 본 논문에서 제안된 알고리즘을 적용하였을 때 인식률은 97.50%로 우수한 성능을 보인다. 그리고 전체

문자열영상 중 1.29%는 bad 영상으로 분류되어 본 논문의 적용영상에서 제외 할 수 있다. bad 영상을 제외한 성공률은 98.77%(총 10775장, 성공 10643장, 실패 132장)로 본 논문에서 제안된 알고리즘을 현장에 적용하였을 경우 우수한 성능을 보일 것으로 예상된다. 결론적으로 판리번호자동인식시스템의 마지막 단계인 개별문자분리 및 인식 과정의 우수한 성능은 전체 시스템의 인식률을 향상시킬 수 있다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참 고 문 헌

[1] 홍기상, 장정훈, 양종렬, 김승진, 김태원, "슬라브 번호 인식 장치의 개발", 제어·자동화·시스템공학회지, 제2권, 제6호, pp. 63-76, 1996.

[2] Richard G. Casey and Eric Lecolinet, "A Survey of Methods and Strategies in Character Segmentation", IEEE Trans. On Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. 18, no. 7, July, 1996.

[3] C. Mancas-Thillou and B. Gosselin, "Character segmentation-by-recognition using log-gabor filters", in Proc. ICPR, Hong Kong, China, 2006, vol. 2, pp. 901-904.

[4] Jin Hak Bae, Kee Chul Jung, Jin Wook Kim, and Hang Joon Kim, "Segmentation of touching characters using an MLP", Pattern Recognition Letters, vol. 19, no. 8, pp. 701-709, 1998.

[5] Yi-Kai Chen, and Jhing-Fa Wang, "Segmentation of Single- or Multiple-Touching Handwritten Numeral String Using Background and Foreground Analysis", IEEE Trans. On Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. 22, no. 11, Nov., 2000.

[6] A. Ariyoshi, "A Character Segmentation Method for Japanese Documents Coping with Touching Character Problems," Proc. 31th Int'l Conf. Pattern Recognition, The Hague, Netherlands, pp. 313-316, Aug. 1992.

[7] Seong-Whan Lee, Dong-June Lee, and Hee-Seon Park, "A New Methodology for Gray-Scale Character Segmentation and Recognition", IEEE Trans. On Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. 18, no. 10, Oct., 1996.

[8] SungHoo Choi, Jong Pil Yun, KeunHwi Koo, JongHyun Choi Sang Woo Kim, "Text Region Extraction Algorithm On Steel Making Process", 8th WSEAS Int. Conf. on ROCOM'08, Hangzhou, China, April 6~8, 2008.

[9] 이영교, 장유진, 김연탁, 김상우, "빌렛에서의 필기체 인식 시스템 개발", 2006 제어자동화시스템 심포지엄 CASS'2006, 1~3, June, 2006.

[10] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from GrayLevel Histogram", IEEE Trans. Systems, Man

and Cybernetics, vol. 1, no. 9, pp. 62-69, 1979.

[11] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing, Second Edition", Prentice Hall.

[12] 최성후, 윤종필, 박영수, 박지훈, 구근휘, 김상우, "슬라브 제품 정보 인식을 위한 문자 분리 및 문자 인식 알고리즘 개발", 2007 정보 및 제어 심포지움 ICS'07, 27~28, Apr., 2007.

[13] Seong-Whan Lee and Young Joon Kim, "Direct Extraction of Topographic Features for Gray Scale Character Recognition", IEEE Trans. On Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. 17, no. 7, July, 1995.

[14] Nello Cristianini and John Shawe-Taylor, "An Introduction to Support Vector Machines", Cambridge University Press, 2000.

저 자 소 개



구근휘 (具根輝)

1983년 4월 18일생. 2007년 부산대 전자전기공학과 졸업(공학사). 2009년 포항공대 대학원 전자전기공학과 졸업(공학석사). 2009년~현재 동 대학원 전자전기공학과 박사과정
 Tel : 054-279-5018
 Fax : 054-279-2903
 E-mail : khkoo@postech.ac.kr



최성후 (崔聖後)

1978년 4월 25일생. 2004년 경북대 전자전기공학과 졸업(공학사). 2004년~현재 포항공대 대학원 전자전기공학과 통합박사과정
 Tel : 054-279-5018
 Fax : 054-279-2903
 E-mail : csh425@postech.ac.kr



윤종필 (尹鍾弼)

1977년 9월 21일생. 2003년 경북대 전자전기공학과 졸업(공학사). 2003년~현재 포항공대 대학원 전자전기공학과 통합박사과정
 Tel : 054-279-5018
 Fax : 054-279-2903
 E-mail : rebirth@postech.ac.kr



최종현 (崔鍾賢)

1985년 1월 11일생. 2007년 아주대 전자
전기공학과 졸업(공학사). 2009년 포항공
대 대학원 전자전기공학과 졸업(공학석
사). 2009년~현재 동 대학원 전자전기공
학과 박사과정

Tel : 054-279-5018

Fax : 054-279-2903

E-mail : y2kscore@postech.ac.kr



김상우 (金相禹)

1962년 8월 14일생. 1983년 서울대 제어
계측공학과 졸업(공학사). 1985년 동 대
학원 제어계측공학과 졸업(공학석사).
1990년 동 대학원 제어계측공학과 졸업
(공학박사).

2001년~현재 포항공대 전자전기공학과
부교수

Tel : 054-279-2237

Fax : 054-279-2903

E-mail : swkim@postech.ac.kr