

論文94-31B-4-9

고무타이어 자동분류를 위한 돌출문자 인식

(Recognition of Raised Characters for Automatic Classification of Rubber Tires)

成永國*, 姜旻錫*, 丁鴻奎*, 朴來弘**, 朴貴泰***

(Young Kug Ham, Min Seok Kang, Hong Kyu Chung,
Rae-Hong Park and Gwi Tae Park)

要約

본 논문에서는 타이어의 자동분류를 위한 타이어 표면의 돌출문자 인식에 관하여 논하였다. 본 논문에서는 기존의 인쇄된 문자와는 다른 특성을 가지는 돌출문자에 대해 전처리 단계에서 문자영역을 탐색한 후, Hough 변환을 이용하여 문자영역의 기울어짐을 보정하고, 수직, 수평투영을 통해 개별문자를 추출하였다. 인식단계에서는 문자의 두께, 흑백화소 변화수, 부분투영과 거리특징을 이용하여 계층적으로 인식하였다.

컴퓨터 시뮬레이션 실험결과를 통해 제안된 시스템이 고무 타이어 자동분류를 위한 자동화에 응용될 수 있음을 보였다.

Abstract

This paper presents recognition of raised alphanumeric markings on rubber tires for their automatic classification. Raised alphanumeric markings on rubber tires have different characteristics as compared to those of printed characters. In the preprocessing step, we first determine the rotation angle using the Hough transform and align markings, then separate each character using vertical and horizontal projections. In the recognition step, we use several features such as width of a character, cross point, partial projection, and distance feature to recognize characters hierarchically.

The computer simulation result shows that the proposed system can be successfully applied to the industrial automation of rubber tires classification.

1. 서론

* 準會員, ** 正會員, 西江大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Sogang Univ.)

*** 正會員, 高麗大學校 電氣工學科

(Dept. of Electrical Eng., Korea Univ.)

* 본 연구는 상공부에서 시행한 공업기반기술개발
사업의 기술연구비 지원으로 이루어졌음.

接受日字: 1993年 5月 23日

공업 로봇트가 인식과 분류 등 여러가지 기능을 가진 비전 시스템을 포함하고 있다면 공장자동화에 응용되어 더 융통성 있고 다양한 기능을 가질 것이다. 이러한 목적을 위한 비전 시스템의 한 예로 본 논문에서는 타이어 자동분류를 위한 타이어 표면에 돌출되어 있는 영숫자의 인식에 관해 연구하였다.

고무타이어 분류를 위해서는 공장에서 사람이 육안으로 판별하여 분리하거나, 비전시스템을 이용한 방법으로는 타이어 직경의 크기, 두께, 바퀴 홈집의 패턴, 표면의 가공형태에 따라 카메라로 취득한 영상을 윤곽선 강조처리한 후 크기측정, 패턴 매칭 등의 과정을 거쳐 분류하는 방법¹⁾이 있으며, 타이어의 문자 인식을 위한 환경설정 방법²⁾이 제안된 바 있다. 사람이 직접 분류할 경우, 많은 사람이 필요한 단점이 있으며, 타이어 모양에 기반을 둔 비전시스템의 타이어 분류 방법은 제한된 범위 내에서만 분류가 가능하다는 단점을 가지고 있으므로 본 논문에서는 비전 시스템을 이용한 타이어 분류 방법으로 타이어에 대한 정보를 포함하고 있는 타이어 표면에 있는 돌출문자를 인식함으로써 분류하는 방법에 관하여 논하였다.

본 논문의 중요한 목표는 타이어와 같은 공업 제품의 표면에 있는 양각 문자를 찾아 분리하여 인식하는 것이다. 그런데 이러한 양각 문자는 기존 문서에서의 인쇄체 문자와는 달리 그것이 속해 있는 타이어의 배경과 거의 같은 그레이 레벨(gray level)값을 가지고 있으며, 위치나 크기, 기울어짐 등이 명확하지 않은 문제점을 가지고 있다.

제안된 알고리즘은 인식을 위한 세가지의 전처리 단계와 최종 인식단계로 이루어져 있다. 전처리의 첫 번째 단계는 우리가 관심을 가지고 있는 문자에 해당하는 에지, 직선 성분 등을 찾아내는 것이며, 다음 단계는 에지 영상을 여러 개의 부영상으로 나눈 후, 각 부영상을 회전시켜 부영상에 포함되어 있는 문자들을 똑바로 정렬하는 것이다. 이어 각 부영상에 대해 우리가 인식해야 할 문자들을 개별적으로 추출하여 인식단으로 넘겨준다. 인식단에서는 전처리 단계에서 넘겨온 개별문자에 대해 문자의 두께, 흑백화소 변화수, 부분투영과 거리특징을 이용하여 계층적으로 인식한다.

양각 문자는 배경과 비슷한 그레이 레벨값을 가지고 있으므로 육안으로도 구분이 분명치 않아 기존의 에지 연산자의 사용만으로는 만족스러운 에지 영상을 얻을 수 없다. 본 논문에서는 타이어 영상에 알맞은 연산자를 적용하였고 고립점들과 쓸데없는 성분들은 모두 제거하였다. 에지 영상을 구한 후, 수평방향으로 투영하여 글자가 있는 부분을 알아내어 이 부분을 몇 개씩의 개별문자를 포함한 겹쳐지는 부영상으로 나눈 다음, 각 부분에서 Hough 변환을 사용하여 글자의 기울어진 각도를 구하였다. 그리고 기울어진 각도가 수평이 되도록 각 부영상을 회전시켜 부영상에 포함된 글자들이 수평으로 정렬되도록 하였다. 회전된 부영상에서 수평, 수직 부영값을 이용하여 개별문

자를 추출한 다음 각 문자에서 인식에 필요한 특징값을 추출하였다. 인식과정에서는 부분적인 두께와 수평, 수직방향에 대한 부분적인 투영 그리고 거리척도 등의 특징을 사용하여 계층적으로 인식하였다.

컴퓨터 시뮬레이션 결과 제안한 전처리 과정이 타이어 영상에 적합함을 확인할 수 있었다. 제안한 라인 연산자를 적용하여 문자 인식에 적합한 에지 영상을 얻었으며, Hough 변환을 사용하여 타이어 영상에 존재하는 호의 기울어짐을 정확히 구했다. 그 결과 회전시킨 각 부영상의 문자들이 올바른 인식결과를 나타내게끔 회전됨을 알 수 있었다. 이로부터 각 문자들을 인식하여 타이어의 고유 모델명을 알아냄으로써 타이어를 자동분류하는데 응용할 수 있다.

본 논문의 II 장에서는 전처리 과정에 관하여 서술하고, III 장에서는 인식과정, IV 장에서는 실험 결과 및 분석에 대하여 논하였으며, 마지막 V 장에서는 결론을 맺었다.

II. 타이어 문자 인식을 위한 전처리

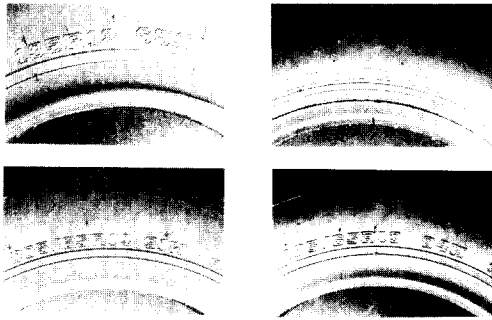
본 장에서는 타이어 문자인식을 위한 전처리 단계인 입력영상의 에지추출과 Hough 변환을 이용한 문자열의 기울어짐 보정, 그리고 인식단에 넘겨주기 위한 개별문자 추출에 대해 서술하였다.

1. 윤곽선 추출

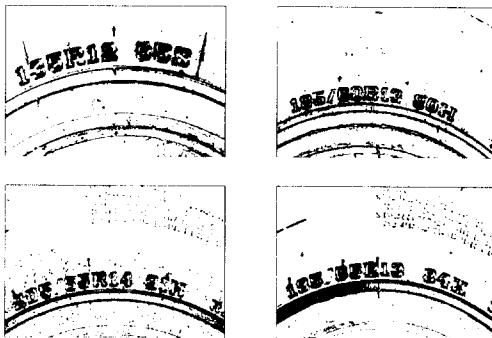
타이어 영상에서 얻은 에지 정보로부터 각 문자를 나타내는 성분과 타이어의 곡률을 나타내는 호의 성분들을 알아낼 수 있다. 특히 문자의 에지성분은 최종 문자인식에 커다란 영향을 주기 때문에 문자의 특징을 그대로 나타낼 수 있도록 구해야 한다. 먼저 기존의 Sobel, LoG (Laplacian of Gaussian) 등의 에지 연산자³⁾를 타이어 영상에 적용하여 보았으며 실험을 통해 제안한 에지 검출방법과 비교하여 보았다.

타이어 영상은 전체적으로 비슷한 그레이 레벨값을 가지고 있으며 대체적으로 어두운 밝기를 가지고 있다. 우리가 알고자 하는 것은 타이어의 표면에 볼록하게 양각되어 있는 각 타이어의 모델명을 나타내는 문자로 타이어의 크기 등 여러 정보를 포함하고 있다. 타이어를 카메라로 찍어 영상을 취득할 경우 그 표면이 고무로 되어 있어 조명에 의한 반사 등의 영향을 많이 받게 되므로 조명에 의해 표면반사가 적도록 영상을 취득하여야 된다. 그리고 타이어를 전체 영상에 포함시키도록 하는 경우 인식하고자 하는 문자의 크기가 8 ~ 10 화소 정도가 되어 인식하기가 어렵기 때문에, 본 논문에서는 타이어를 네부분으로

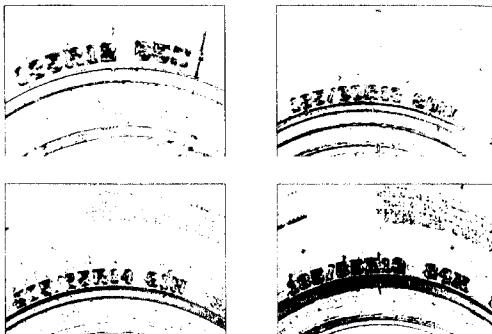
나누어 취득하였으며, 한 장의 영상에 포함되는 것은 원의 4분의 1 정도에 해당하는 호를 포함한 영상이 된다. 이때 각 호는 어느 정도 겹치도록 하여 문자가 잘라져 정보를 잃어버리는 경우는 없도록 하였으며 이 경우 글자 한자의 크기는 약 25 ~ 30 화소 정도이다. 그림 1(a)는 실제 취득한 글자부분이 있는 512 × 480 타이어 영상들로 각 화소는 8비트로 양자화하였다. 타이어 문자는 그림 1(a)에서와 같이 영문 대문자 26개와 숫자 10개, 그리고 특수문자 '/' 로 구성



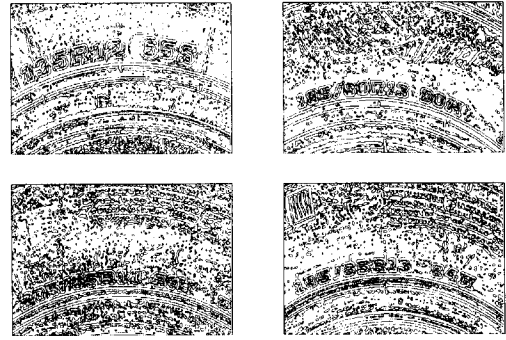
(a)



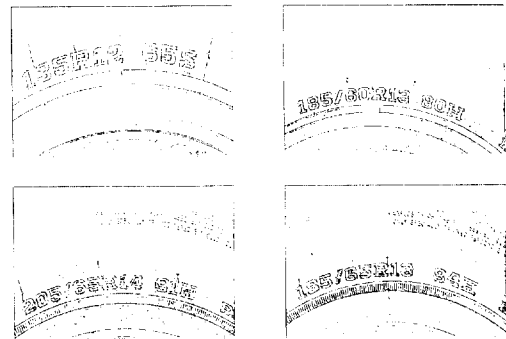
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 1. 타이어 영상과 에지 영상

(a) 타이어 영상 (b) Sobel 연산자에 의한 에지 영상 (c) 가우시안 1차 미분에 의한 에지 영상 (d) LoG 연산자를 사용한 에지 영상 (e) 제안한 연산자를 사용한 에지영상

Fig. 1. Tire images and edge images.

(a) Tire image, (b) Edge image by the Sobel operator, (c) Edge image by the first-order Gaussian operator, (d) Edge image by the LoG, (e) Edge image by the proposed operator.

되어 있다.

먼저 기존의 연산자중 그라디언트 (gradient) 연산자인 Sobel 연산자를 타이어 영상에 적용하여 임계치를 주어 구한 결과를 그림 1(b)에 보였다. 이때 그라디언트 영상에 의해 에지 후보점들이 결정되는데 타이어 영상의 경우 호 부분에서는 비교적 양호한 에지 후보점이 생겼지만 인식해야 할 문자 부분에서는 그 근방에 상당히 많은 에지 후보점들이 나타났다.

그러므로 세선화를 하더라도 문자의 특징을 그대로 지니지 못하고 손실되거나 쓸데 없는 에지 성분이 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 후에 처리될 인식단계에 좋지 않은 영향을 미치므로 Sobel 연산자는 타이어 영상의 에지 검출에는 적합하지 않음을 알 수 있다. 그림 1(c)는 가우시안 1차 미분함수를 영상과 convolution한 결과에 임계치를 주어 구성한 영상이다. 타이어의 문자 부분과 호 성분을 제외한 다른 부분에서는 쓸데없는 에지 성분이 거의 없음을 알 수 있다. 그러나 문자 부분에서는 Sobel 연산자를 적용한 결과와 마찬가지로 좋지 않은 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 그림 1(d)는 가우시안 2차 미분함수를 사용하는 LoG 연산자를 타이어 영상에 적용한 결과이다. 에지추출 측면에서만 본다면 앞의 두 연산자보다는 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있으나 '5'나 '6' 같은 문자의 경우 그 에지 성분들이 붙어서 구분이 거의 불가능함을 볼 수 있다. 이와 같이 LoG 연산자의 경우는 문자를 나타내는 에지 성분들이 서로 붙어서 인식의 단계로 넘겨주기에는 많은 문제점이 있다.

이러한 결과는 타이어의 영상이 가지는 특징을 고려하지 않고 기존의 에지 연산자를 적용하여 생긴 결과라고 생각된다. 타이어 영상의 경우 비슷한 그레이 레벨 값들을 가지고 있으므로 그라디언트 연산 결과 에지부분과 평탄한 부분에서 비슷한 그라디언트 값을 나타내게 된다. 그러므로 임계치를 주어 문자인식에 적합한 에지영상을 구성하기가 쉽지 않다. 타이어 영상의 문자부분의 그레이레벨 값을 분석해 보면 한두 화소 정도의 두께로 양각된 선이 나타나는 것을 알 수 있다.

그러므로 기존의 에지 연산자보다는 라인을 찾을 수 있는 연산자를 사용하는 것이 더욱 효과적일 것이라고 기대할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 라인 찾기 연산자를 약간 변형하여 그림 2와 같은 연산자를 제안하여 타이어 영상에 적용하였다. 마스크를 가로, 세로, 대각선 및 반대각선 방향에 적용하여

uu
u
p
d
dd

$$G_v = |4p - u - uu - d - dd| ;$$

$$G = \max(G_v, G_h, G_{45}, G_{135});$$

if (G > 임계치) p는 에지점;

그림 2. 수직 성분을 찾기 위한 마스크
Fig. 2. Mask for vertical edges.

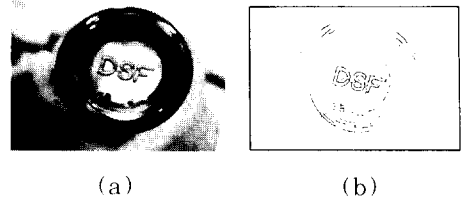


그림 3. 제안한 연산자를 유리병 위 돌출문자에 적용한 예

Fig. 3. Application example of the proposed operator to raised characters on a bottle image.
(a) Original image. (b) Edge image.

그 최대값으로 영상을 구성한 다음, 임계치를 주어 에지점을 판단하여 이진영상으로 표현하였으며, 고립 점들은 제거하였다. 한 방향에 대해 양각의 특성을 가지고 있다면 그 방향으로 큰 그라디언트값 G를 얻을 수 있다. 또한 이웃하는 두 화소에 대해서만 고려한 것이 아니라 네 화소에 대해 고려하였으므로 잡음에 대해 덜 민감한 특성을 가지게 된다. 그림 1(e)는 이 연산자를 타이어 영상에 적용한 결과를 보여주고 있다. 그림 3은 본 논문에서 사용한 에지 연산자를 유리병의 양각문자에 적용하여 얻은 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 사용한 에지 연산자가 다른 종류의 양각문자의 에지추출에도 유용함을 알 수 있었다.

실험결과 문자부분이 앞서 언급한 어느 연산자보다도 가장 잘 보존되는 것을 알 수 있었다. 그리고 두 겹으로 생기는 에지 현상도 방지하여 인식에 적합한 에지가 생기도록 하였다. 에지 영상에 포함된 문자는 그림 1(e)에서 보는 바와 같이 원호를 따라 기울어진 형태를 가지고 있으므로 전처리 단계에서 개별문자를 추출하거나 인식과정에서 문자를 인식할 때 어려움이 따른다. 따라서 본 논문에서는 개별문자 추출과 올바른 문자인식을 행하기 위해 기울어진 문자들을 똑바로 정렬시켰다. 다음 절에서는 이러한 문자의 기울어짐 보상에 대해 서술한다.

2. 호의 기울기 추출 및 문자부분 회전

앞 절에서는 전처리의 첫 단계로 에지추출에 관해 살펴보았다. 타이어 영상의 특징은 문자부분이 원호와 함께 휘어져 배열되어 있어 개별문자 추출시에 그림 4와 같이 수직, 수평투영을 이용하여 분리할 수

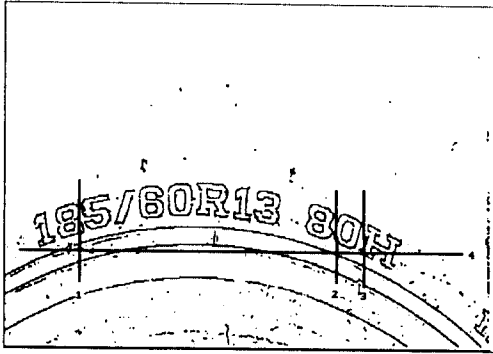


그림 4. 에지 영상에서의 수직, 수평 투영
 Fig. 4. Vertical and horizontal projections in an edge image.

없기 때문에 휘어져 있는 문자부분의 기울기를 구해서 그 기울기 각도만큼 회전하여 직선 형태로 펴는 과정이 필요하다. 그림 4에서 1, 2, 3은 수직투영상에서 문자의 겹침을 보여주고, 4는 수평투영상에서 문자의 겹침을 보여주고 있다.

본 논문에서는 타이어 영상을 세로로 겹침이 있게 다섯 부분으로 나눈 다음에 각 부분에 대해 Hough 변환을 사용하여 문자부분의 기울기를 추출하였으며, 각 부분에 대해서 회전 변환 행렬을 이용하여 문자부분을 회전하였다.

Hough 변환은 전처리된 에지 영상의 각 점에 대해서, 특징을 찾고자 하는 도형 방정식에 의하여 주어진 변환식을 이용하여 파라미터 값을 계산한 후, 그 값에 대해 파라미터 영역의 누적된 셀 (cell)들의 값을 하나씩 증가시켜, 누적된 값이 가장 큰 셀의 파라미터 값을 찾고자 하는 도형 방정식의 파라미터로 선택하는 기법이다. Hough 변환은 잡음에 강하게 영상의 특징값을 찾아낼 수 있으므로 패턴 인식 분야에서 특징을 추출하는 방법으로 많이 쓰인다.

Hough 변환 중에서도 파라메타가 여러 개 필요한 다른 복잡한 도형에 비해 직선 성분추출시에는 기울기와 y절편 두가지만으로 표현될 수 있어 파라미터 영역이 이차원으로 구성된다.

Hough 변환에서 직선 성분의 추출은 변환 및 탐색이 용이하기 때문에 많은 연구가 진행되었다. Duda와 Hart는 직선의 파라미터 영역에서 기울기가 무한대인 직선의 표현을 위하여 Hough 변환의 식을 (1)식과 같이 제안하였다.^[5] 그림 5에서 보인 바와 같이 ρ_n 은 한 직선과 원점사이의 수직거리를 나타내며, θ_m 은 그 직선에 내린 수직선과 원점이 이루는 각

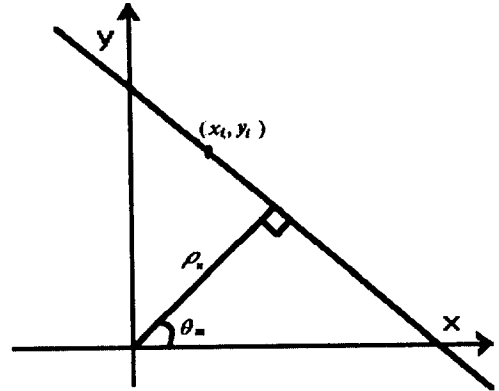


그림 5. 직선의 $\rho_n-\theta_m$ 파라미터로의 변환
 Fig. 5. Transformation to the $\rho_n-\theta_m$ parameter space.

도를 나타낸다.

$$\rho_n = x_i \cos \theta_m + y_i \sin \theta_m \quad (1)$$

영상영역의 좌표 (x_i, y_i) 는 파라미터 영역을 이산화시킨 좌표 (ρ_n, θ_m) 으로 매핑 (mapping)된다. 여기서 입력 영상의 크기가 $M \times N$ 이며, ρ, θ 파라미터 영역의 이산화 레벨을 각각 ρ_q, θ_q 라 하면, 파라미터 i, j, n, m 의 범위는 다음과 같다.

$$1 \leq i \leq N, \quad 1 \leq j \leq N, \\ \frac{\sqrt{M^2 + N^2}}{\rho_q} \leq n \leq \frac{\sqrt{M^2 + N^2}}{\rho_q}, \quad 0 \leq m \leq \frac{180}{\theta_q} \quad (2)$$

(1)식의 계산과정을 거치면 전처리된 에지 영상의 한 직선은 파라미터 영역에서 동일한 셀로 매핑되며, 에지 영상의 한 화소는 파라미터 영역에서 θ_m 의 증가에 따른 주기함수로 매핑된다. 이렇게 매핑된 파라미터 영역에서 탐색하면서, 최대값을 갖는 셀을 선택하여 다시 (1)식의 역을 이용하여 직선의 방정식을 구한다.

그림 6과 같이 타이어의 호가 급격하게 기울어지지 않았다면 Hough 변환을 이용하여 호를 문자군을 기준으로 몇 부분으로 나누어 직선으로 근사시켜 호의 기울기를 구할 수 있다. 타이어 영상에서 에지를 찾은 후 문자가 있는 부분을 겹쳐서 다섯 부분으로 나눠서 각 부분에서 Hough 변환을 이용하여 기울기를 구하였다. 영상을 호의 법선 방향으로 수평이 되게 작게 여러 부분으로 나누는 경우 문자들이 잘릴 수 있고 계산 효율면에서도 좋지 않고 또한 너무 크게

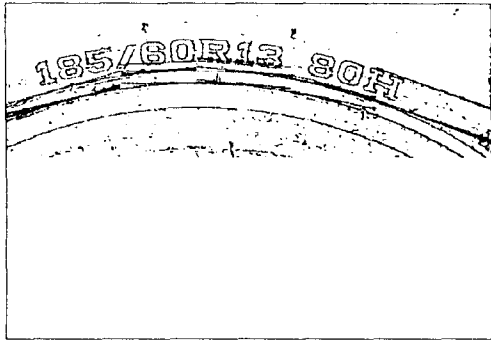


그림 6. Hough 변환에 의한 기울기 추출
Fig. 6. Detected slopes by the Hough transform.

나누면 직선 방향으로 회전시키더라도 문자의 왜곡이 일어나기 쉽다. 그러므로 실험에 사용한 타이어 영상들의 경우 다섯부분 정도로 나누면 각 부영상에 속하는 문자들이 같은 기울기로 회전시키더라도 직선으로 잘 근사화될뿐 아니라 계산 효율도 좋으므로 본 연구에서는 타이어의 호의 기울기를 다섯부분으로 나누어 근사화시켜 실험하였다. 문자가 겹침이 있게 나눈 것은 다섯 부분으로 나눌 때 문자가 잘려지는 영향을 없애주기 위함이다.

Hough 변환을 수행하는데 호의 기울기를 좀 더 효과적으로 구하기 위해서 누적영역의 변환구간과 탐색구간에 제한을 두었다. 즉 각 부분에서 Hough 변환을 행할 때 모든 구간에서 변환 및 탐색을 하지 않고 각 부분에서 원호의 기울어진 각도 부근에서만 Hough 변환을 행하면 해당 기울기 성분이 아닌 결과와 나오는 것을 막을 수 있으며 계산시간도 단축할 수 있다. Hough 변환을 행하면 원호가 마치 근사화된 직선 성분인 것처럼 파라미터 영역에 누적되며, 이로부터 제일 빈도수가 높은 5개 각도의 평균을 그 부분에서의 문자군의 기울기로 취한다. 그림 7에 Hough 변환의 결과로 생성된 문자군의 각 기울기를 타이어 영상에 겹쳐서 보였다. 이와 같이 각 문자군의 기울어진 각도를 구하며, 계산된 각도만큼 (3)식과 같은 회전 행렬 변환을 이용하여 문자군을 회전시킨다. 여기서 (X, Y)는 회전되기 전의 좌표이며 (X', Y')는 θ 만큼 회전된 좌표이다. 그림 8에 Hough 변환으로 계산된 각도로 회전시킨 5개의 문자군을 보였다.

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \quad (3)$$

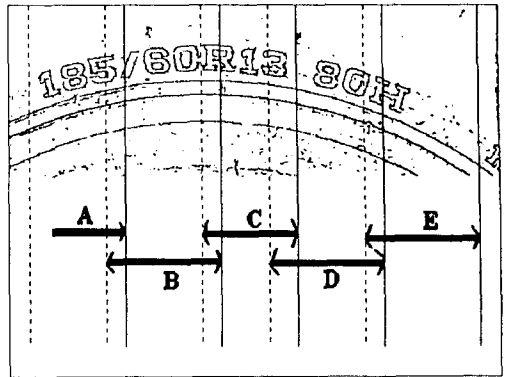


그림 7. 호의 기울기 추출을 위한 문자군의 분리
Fig. 7. Grouping of characters for slope extraction.

3. 개별 문자 추출

앞 절에서는 회전된 문자들을 부영상 단위로 직선 형태로 펴는 과정에 대하여 살펴보았다. 이어 각 부영상에 속해 있는 문자들을 인식에 적합하도록 개별 문자로 분리하는 과정이 필요하다.

부영상에서 개별 문자 분리하는 수평, 수직투영값을 이용하였다. 각 부영상은 몇개의 문자와 호를 포함하고 있으므로 먼저 호를 제거하여야 한다. 부영상에 대해 가로 방향으로 투영하면 호가 존재하는 부분과 문자 부분에서 큰 투영값을 가진다. 문자가 존재하는 부분에서는 큰 투영값을 갖는 부분이 넓게 분포하나 호 부분에서는 좁게 분포하므로 이러한 특징을 이용하면 문자 부분을 제외한 나머지 부분을 제거할 수 있다. 수평 투영값을 이용하여 문자 부분만을 남긴 후 수직투영을 함으로써 완전하게 하나의 문자로 분리해낼 수 있다. 수평투영을 해보면 문자 부분에서 큰 투영값을 갖고 문자들의 중간에서는 투영값이 작으므로 문자 분리가 가능하다. 그러나 문자들이 약간씩 겹쳐 있어 두 문자가 하나로 분리되거나, 문자 중간이 파손되어 투영값이 작은 경우 한 문자가 두개의 문자로 분리되는 문제 등이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 수평투영을 했을 경우 문자가 있는 부분의 크기를 한 문자의 대략적인 크기로 간주하였다. 이 크기를 기준으로 너무 작게 문자가 분리된 경우는 다음 문자와 결합하였고, 너무 크게 분리된 경우는 다시 분리하는 과정을 거치도록 하였다.

그림 9는 개별 문자 분리의 한 예를 보여주고 있다. 먼저 수평투영값이 넓게 분포되어 있는 곳을 문자가 존재하는 곳으로 간주하고, 호를 제거한 다음

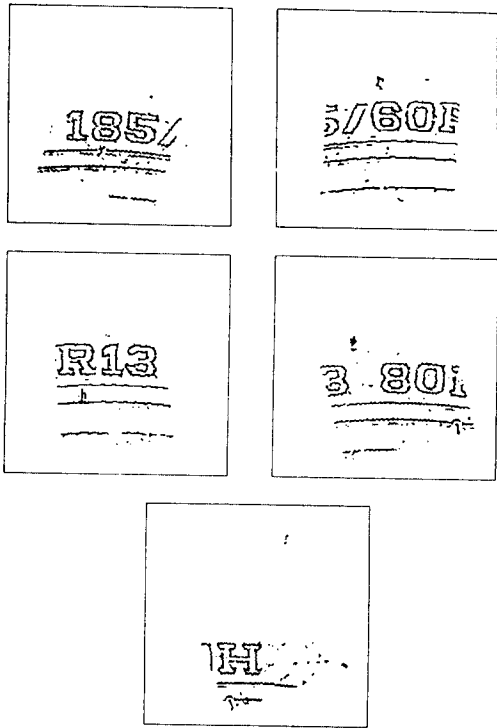


그림 8. 문자군의 회전
Fig. 8. Rotation of characters.

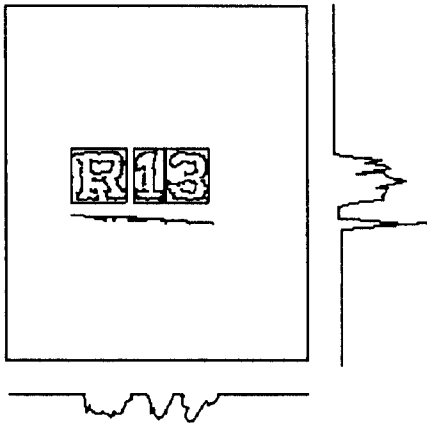


그림 9. 개별 문자 분리를 위한 가로, 세로 투영
Fig. 9. Horizontal and vertical projections for individual character extraction.

수직투영을 하였다. 그림 9에서 수직투영은 호 등을 제거한 다음 얻은 값으로 문자들의 중간에서 수직투영값이 작은 값을 가짐을 알 수 있다. 이러한 방법으

로 개별 문자를 추출하여, 인식단계로 넘겨주었다.

III. 타이어 문자인식 알고리즘

종래의 문자인식은 주로 문서에 존재하는 문자들에 대한 인식으로 이진영상을 취득하여 글자의 윤곽이나 뼈대를 추출한 다음, 형태 분석 등 몇가지 단계를 거쳐 어떤 글자인지를 판단하는 연구가 대부분이었으며, 본 논문에서 연구한 돌출문자 인식에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 돌출문자 인식과 비슷한 연구로는 자동차의 번호판에 있는 문자를 인식하였으나 이는 번호판의 배경부분과 문자부분의 그레이 레벨값의 변화가 크기 때문에 문자부분만의 추출이 용이했으며, 기존에 많이 사용하는 세션화 기법을 이용하여 문자를 세션화한 후, 끝점이나 분기점 등의 특징을 이용하여 인식하거나, 유용한 몇 가지 특징을 이용하여 인식하였다. 그러나 타이어에 돌출된 문자와 같이 배경부분과의 그레이 레벨값 변화가 적은 경우는 본 논문에서 제안한 에지 연산자와 같은 특별한 처리가 필요하며, 인식단에서는 세션화 방법을 사용할 수 없으므로 에지 영상을 이용하여 인식할 수 있는 유용한 특징들을 필요로 한다. 이때 영상의 그레이 레벨값은 에지추출후 0과 1의 이진영상으로 바뀌어 몇 가지 특징들을 이용하여 계층적으로 돌출된 문자를 인식하였다. 본 장에서는 전처리 단계를 통해 넘어온 개별문자 인식을 위해 사용한 특징들과 타이어 문자인식을 위해 제안한 알고리즘에 대해 서술하였다.

1. 문자 인식을 위한 특징 추출

특징 추출 단계에서는 전처리 과정에서 넘겨 받은 문자로부터 인식에 필요한 문자의 특징을 추출한다. 기존에 많이 사용되는 방법으로는 입력 문자에 대하여 획을 한 화소의 굵기로 나타내는 세션화 과정을 거친 후 문자의 마디점을 특징점으로 하여 표준 모델의 마디점과의 유사성을 따져봄으로써 문자를 인식하는 방법이다. 이 방법은 인쇄체 문자뿐만 아니라 필기체 문자 인식에 많이 사용되는 방법인데, 본 연구의 인식 대상이 타이어의 문자인식이므로 전처리 단계에서 문자의 에지만을 인식단으로 넘겨주므로 세션화에 의한 특징을 사용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 전처리 단계에서 넘어온 문자의 에지 부분에서 추출할 수 있는 문자의 두께, 흑백화소 변화수, 부분투영 그리고 거리특징을 이용하여 인식하였다. 각 특징을 간단히 서술하면 다음과 같다.

1) 흑백 화소의 변화수

전처리 과정에서 넘겨 받은 문자 각각에 대해 여러 방향에서의 흑백 화소의 변화수를 측정하여 문자들을 여러 부류로 나누는 특징으로 이용하였다.⁶⁾ 특히 문자의 중앙 행에서 수직방향 흑백 화소의 변화에 중요성을 두었다. 그런데 문자의 파손이 생기는 경우에는 중앙 열에서의 흑백화소 변화수가 약간 변할 수 있기 때문에 중앙 열과 양쪽 옆 열에서의 변화수도 고려한 후 중앙 열의 흑백 화소 변화수를 결정하였다. 문자 각각의 중간 열에서 수직으로 탐색하면서 화소가 0에서 1이 되거나, 1에서 0으로 바뀌는 지점을 표시하였다. 그리고 중간 행에서 수평으로 탐색하면서 화소의 값이 0에서 1로 또는 1에서 0으로 바뀌는 지점을 표시하였다. 이 흑백 화소의 변화수에 의해서 변화수가 6 이상인 부류, 4인 부류, 2 이하인 부류로⁶⁾ 나눌 수 있다. 물론 어떤 문자의 경우에는 데이터 상태에 따라 흑백 화소의 변화수가 다를 수 있는데 이런 경우는 양쪽 부류 모두에 포함되도록 하였다.

2) 문자의 부분 수직, 수평투영

전처리 단계에서 사용한 투영법은 문자가 차지하는 전체 부분에 대해서 투영한 결과를 이용하였는데, 특징 추출 단계에서는 각각의 문자에 대해서 전체적인 투영값을 이용하지 않고, 특징으로 이용할 수 있는 부분만을 투영하여 사용하였다.⁶⁾ 이 특징은 흑백 화소의 변화수와 함께 특징 추출 단계에서 중요한 부분이 된다.

3) 문자의 흑화소까지의 거리

문자의 흑화소까지의 거리는 흑백 화소의 변화수나, 부분적인 수직, 수평 투영과 같이 입력 문자들을 유사한 문자끼리 그룹을 만들 수 있는 특징은 되지 못하지만 각 그룹 내에서 문자를 인식하는데 중요한 특징으로 작용한다.^{6),7)} 이 방법을 적용시키기 위해 입력 문자 각각에 대해 문자가 차지하는 부분에 대해서 최소한의 직사각형을 만들고 직사각형을 기준으로 필요한 각 부분에 대해 직사각형으로부터 문자의 흑화소까지의 거리를 특징으로 택하였다.

4) 문자의 부분화소 간격

문자의 각 행에서 첫 흑화소와 마지막 흑화소까지의 거리와 문자가 차지하는 가로와의 길이비를 특징으로 사용하였다.^{7,8)} 화소 간격의 특징은 타이어의 문자와 같이 후보문자의 수가 적을 경우 효율적이다. 본 논문에서는 부분화소의 간격 특징을 이용하여 '1', '7', '/' 과 같은 문자를 먼저 인식하는 방법을 취하였다.

2. 타이어 문자 인식

기존의 문자인식과는 달리 타이어 문자에 대한 인

식은 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째, 타이어 공장의 실제라인에서 생산중인 타이어의 처리속도에 맞추어 인식이 이루어져야 하며, 둘째는 인식 대상인 타이어의 양각 문자가 많은 잡음을 포함하고 있다는 점이다. 타이어에 새겨진 문자들을 인식하기 위해 윤곽선 검출과정이 먼저 수행되는데 각각의 문자들이 검은 바탕에 검은 문자로서 양각의 형태로 이루어져 있으므로 윤곽선 검출 과정후에도 많은 잡음을 포함하게 된다. 이러한 잡음을 포함한 문자를 인식한다는 것은 매우 어려운 일이다. 본 논문에서는 카메라를 통해 취득된 타이어 영상에 대해 전처리 과정을 통해 문자부분만을 추출한 후, 문자의 외곽 에지부분만을 이용하여 문자를 인식하였다. 그런데 에지부분만을 이용하여 특징을 추출하고 인식할 경우, 문자의 파손이 자주 발생하면 특징 추출시에 올바른 특징값 추출이 어렵다. 또한 잡음으로 인해 서로 다른 문자에서 유사한 특징값이 추출될 경우도 종종 발생한다.

본 논문에서 제안한 문자인식 방법은 각 문자에 대한 표준패턴에 대해 특징을 추출하여 학습한 후, 전처리 단계에서 넘어온 개별문자의 특징을 추출하여 표준패턴의 특징과 비교하여 인식하는 통계적 방법으로, 앞 절에서 언급한 네가지 특징들을 이용하여 계층적으로 인식하였다. 즉, 인식의 첫 단계에서는 문자의 부분 두께를 이용하여 두 부분으로 분리한다. 이때 '1', '/', 그리고 '7' 과 같은 문자는 문자가 차지하는 최소 사각형에서 세로 길이가 가로 길이에 비해 1.3배 이상이 되기 때문에 하나의 부류로 분류하고, 나머지 문자들을 다른 부류로 분리하였다. 그 다음 단계에서는 윗단에서 분리된 각 부류에 대해 흑백 화소 변화수와 부분 투영값을 이용하여 다시 분류하였다. 마지막 단계에서는 흑화소까지의 거리특징을 이용하여 문자를 인식하는 계층적인 문자인식 방법을 이용하였다. 그림 10에 본 연구에 사용한 타이어 문자 인식 알고리즘 흐름도를 보였다.

타이어 영상의 해상도가 낮거나 잡음의 영향으로 인하여 전처리 단계에서 넘겨진 개별문자의 경우 겹쳐진 부분이 종종 인식단으로 넘겨지기 때문에 인식단에서는 타이어 영상 전체에 대한 위치 정보를 가지고 인식단으로 넘겨온 문자가 전단에서 인식한 문자와 겹쳐진 문자인지를 판단하고, 겹쳐진 문자일 경우 앞단에서 인식한 문자와의 크기를 비교한 후, 작은 크기값을 갖는 문자를 겹쳐진 문자로 판단하고 인식에서 제외시켰다 타이어 영상의 해상도가 낮을 경우는 문자 자체의 파손이나 접촉으로 인해 유사한 특징을 가지는 문자가 많이 발생하는데, 주로 'S', '5', '6', '8' 그리고 '9' 와 같은 문자들이 문자가 접촉되

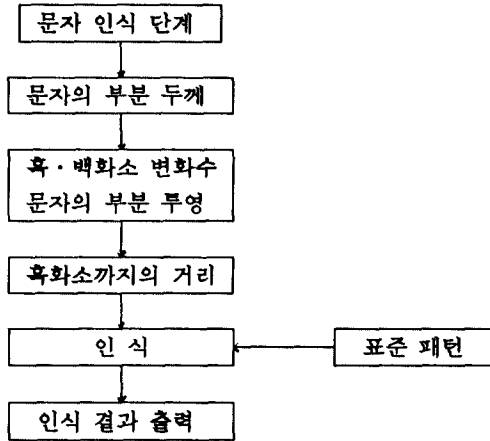


그림 10. 문자 인식 흐름도
Fig. 10. Flowchart of character recognition.

있을 경우 유사한 특징들이 나타난다. 그리고 문자의 파손이 심할 경우는 올바른 특징값을 얻기가 어렵기 때문에 인식시 어려움이 따른다. 이런 문자들은 특징값이 유사하며, 특징값의 차이도 적기 때문에 인식에 있어 어려움이 따르며, 오인식의 가장 큰 원인이 된다.

IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 타이어 영상에 대해 문자인식을 위한 전처리 과정과 인식 과정을 수행하였다. 전처리 과정에서는 기존의 몇 가지 에지 연산자로는 만족할 만한 결과를 얻지 못했기 때문에 본 논문에서는 변형된 라인 연산자를 이용하여 효과적인 에지를 추출할 수 있었다. 타이어 영상의 특성상 원호를 따라 문자들이 휘어져 배열되어 있어서 전처리단계에서 개별문자 추출이 어렵기 때문에 Hough 변환을 이용하여 회전된 부분을 직선화하였다. 인식을 위한 개별문자 추출 과정에서는 직선화된 영상에 대해 수직, 수평 투영을 이용하여 개별문자를 추출하였다. 본 논문에서는 타이어에 존재하는 영문 대문자 26개와 숫자 10개 그리고 특수문자 '/' 를 인식대상으로 하였다.

그림 11은 기울기를 보정하지 않은 에지영상에서 회전되지 않은 비교적 양호한 문자를 한 문자씩 임의로 추출한 후 인식한 문자를 보이고 있다. 그림 11에서 보인 문자들은 회전으로 인한 양자화 오차가 작기 때문에 인식이 모두 잘 되었다. 그러나 타이어 문자의 크기가 다양하기 때문에 각 문자들간의 특징값의 변화가 자주 발생하며 그림 4와 같이 문자부분이 원

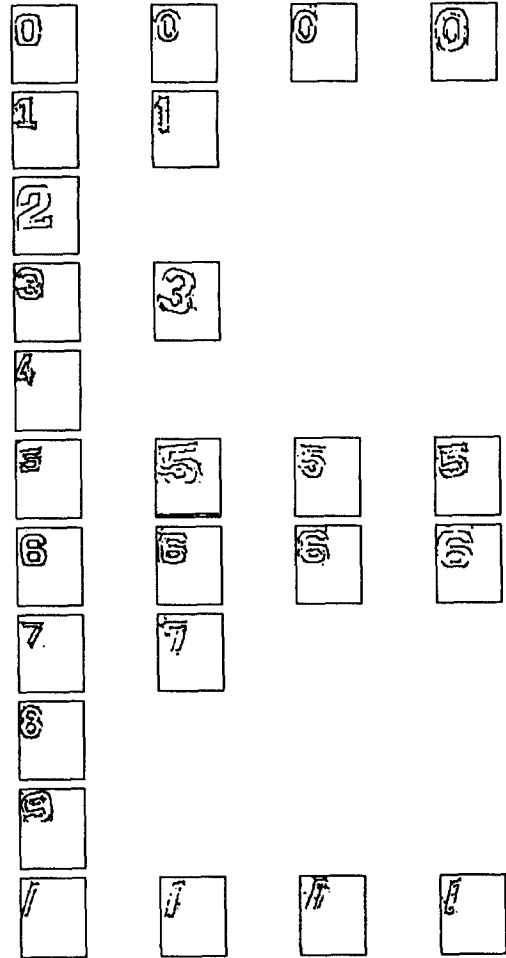


그림 11. 회전보상도지 않은 원래문자
Fig. 11. Original characters not rotation-compensated.

호와 함께 휘어져 배열되어 있는 문자의 경우는 수직, 수평투영을 이용하여 문자를 분리할 수 없기 때문에 기울기를 기준으로 회전하여 직선 형태로 펴는 과정이 필요하다.

그림 12(a)는 타이어 영상 1의 에지 추출 결과에 대해 Hough 변환과 수직, 수평 투영을 통해 개별문자를 추출한 결과 및 인식 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 네번째 부영상에서 '5'의 특징값이 잡음의 영향으로 인해 '6'과 유사한 모양으로 나타나는데 '6'과 '5'를 판별할 수 있는 오른쪽 윗부분에서의 거리특징을 이용하여 인식이 가능하게끔 하였다. 이와 같이 타이어 영상에서 자주 유사한 특징을 갖는 문자로는 'S', '5', '6', '8', 그리고 '9'

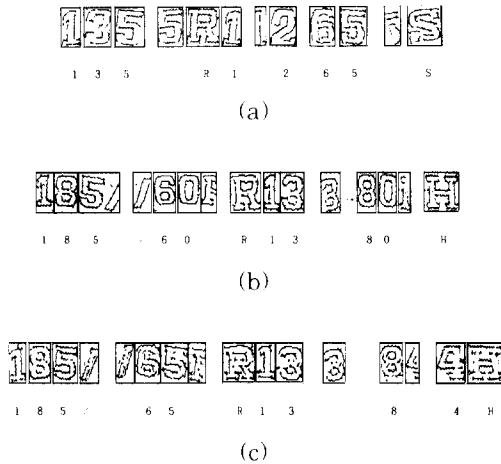


그림 12. 개별문자 추출 및 인식 결과

Fig. 12. Extraction of individual character and its recognition results.

등이 있다. 결과에서 보듯이 전처리 과정에서 회전부분의 직선화 및 개별문자 추출시 오류가 없다면 인식에 어려움이 없다.

그림 12(b)는 타이어 영상 2의 에지 추출 결과에 대해 Hough 변환과 수직, 수평 투영을 통해 개별문자를 추출한 결과 및 이의 인식 결과를 보여주고 있다. 결과에서 볼 수 있듯이 문자의 겹침으로 인해 개별문자로 잘못 분리된 경우가 발생되는데, 겹쳐진 문자가 개별문자로 추출된 경우에는 영상 전체에서의 위치를 이용하여 겹쳐진 문자인지를 판단하고 겹쳐진 문자일 경우 인식대상에서 제외시켰다. 결과의 첫 영상에서 수직 투영시 두 문자의 겹침으로 인해 개별문자 분리과정에서 오류를 보이고 있다. 인식

단에서는 두개의 문자가 함께 추출되었는지를 문자의 가로와 세로 크기비를 이용하여 판단하였으며, 두 문자가 함께 개별문자로 추출된 경우는 다음 개별문자의 위치정보를 이용하여 분리한 후 인식하였다. 네 번째 부영상에서 겹쳐진 문자의 특징이 '1'과 유사하지만 다음 부영상의 'H'의 한부분이라는 것을 판단하고 인식단에서 제외시켰다 그림 12(c)는 타이어 영상 4에 대한 개별문자 추출결과와 인식결과를 보이고 있다. 인식결과에서 보듯이 인식이 잘 되었다. 첫 번째 부영상과 두 번째 부영상에서 '7'가 겹침으로 인해 개별문자로 두개가 추출되었지만 위치 정보를 이용하여 한문자만을 인식하고 다른 문자는 인식에서 제외되었다.

실험결과에 의하면, 전처리 과정에서 회전된 문자

를 직선화시키는 과정에서 정확한 직선화와 문자 정보의 무손실이 인식 과정에 중요한 영향을 끼친다. 전처리 과정의 오류는 특징 추출 과정에 영향을 끼치고 인식 과정에서는 더욱 커다란 영향을 끼치므로 전처리 과정이 효율적으로 수행되어야 하며, 인식단에서는 먼저 개별문자의 위치 정보를 이용하여 겹쳐진 문자인지를 판단해야 하며, 잡음으로 인한 유사한 특징값을 갖는 문자에 대한 올바른 인식이 무엇보다 중요하다. 실험결과 잡음의 영향으로 유사한 특징값을 갖는 'S', '5', '6', '8' 그리고 '9' 등의 문자에 대해서는 좀 더 많은 부분에서 특징값들을 비교하여 옳게 인식하였으며, 다른 문자들에 대해서는 인식에 어려움이 없었다

V. 결론

본 논문에서는 타이어 영상의 문자인식을 위한 효과적인 전처리 과정과 인식과정에 대해 제안하였다. 전처리 과정에서는 기존의 여러 연산자로는 올바른 에지 추출이 어렵기 때문에 본 논문에서는 변형된 라인 연산자를 이용하여 인식에 효율적인 에지를 추출하였다. 또한 타이어 영상의 특성상 회전된 문자를 Hough 변환을 이용하여 문자를 직선화되도록 회전하였다. 또한 개별문자를 추출하기 위해 수직, 수평 투영을 사용하였다 인식 과정에서는 전처리 과정에서 넘어온 개별문자에 대해 여러가지 특징을 이용하여 계층적으로 인식하였다. 각 문자는 크기가 다양하나 정규화 과정을 거치지 않고 크기에 따른 특징변화를 흡수하도록 하였으며 전처리 과정의 오류나 문자의 파손이 심하지 않은 양호한 문자의 경우에는 인식에 어려움이 없었다. 그리고 겹쳐짐으로 인해 인식단으로 잘못 넘어진 개별문자에 대해서는 인식단에서 전체 영상에서 문자의 위치 정보를 이용하여 겹쳐진 문자인지 판단하고 겹쳐진 문자의 경우 인식단에서 제외시켰다.

본 논문에서는 공정 자동화의 한 부분인 타이어 분류를 위한 타이어 문자인식을 위한 효과적인 전처리 과정과 인식실험을 하였다. 하드웨어로 구현할 수 있는 좀 더 효율적인 전처리 과정과 문자의 파손으로 인한 오인식을 해결할 수 있는 효율적인 인식 알고리즘의 연구 및 타이어 분류를 위해 자동라인에 투입될 경우에 대한 고려 등이 앞으로의 과제라 할 수 있다.

參考文獻

- [1] J. Hollingum, *Machine Vision: The Eyes of Automation*. IFS Publications

- Ltd., 1984.
- [2] M. Dehesa, K. H rger, E. V. Hin ber, and C.-E. Liedtke, "Configuration of systems for recognition of raised characters using knowledge-based techniques," in *Signal Processing V: Theories and Applications*. Eds., L. Torres, E. Masgrau, and M. A. Lagunas, Holland: Elsevier Science Publishers B. V., 1990.
- [3] R. C. Gonzalez and P. Wintz, *Digital Image Processing*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Co., 1977.
- [4] A. Rosenfeld and A. C. Kak, *Digital Picture Processing*, vols. 1 & 2, 2nd ed., New York: Academic Press, 1982.
- [5] R. O. Duda and P. E. Hart, "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures," *Communs. ACM*, vol. 15, pp. 11-15, Jan. 1975.
- [6] 김인권, 강민석, 함영국, 정홍규, 박래홍, "고무타이어 자동분류를 위한 돌출 문자 인식," 1992년도 제 5회 신호처리 합동학술대회 논문집, 제 5권, 제 1호, pp. 626-629, 1992년 9월.
- [7] M. S. Kang, Y. K. Ham, H. K. Chung, R.-H. Park, and G.-T. Park, "Recognition of raised characters for rubber tires classification," in *Proc. MVA '92: IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, pp. 97-100, Tokyo, Japan, Dec. 1992.
- [8] 함영국, 도상운, 정홍규, 김우성, 박래홍, 이창범, 김상중, "문서입출력 시스템 구성에 관한 연구," 전자공학회 논문지, 제 29권 B편, 제 10호, pp. 100-112, 1992년 10월.

 著 者 紹 介

成 永 國(準會員) 第 29卷 B編 第 10號 參照

1992年 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 동대학원 박사과정

姜 旻 錫(準會員) 第 29卷 B編 第 4號 參照

1993年 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 삼성전자 통신개발실 근무중

丁 鴻 奎(準會員) 第 29卷 B編 第 10號 參照

1994年 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 현재 삼성전자 근무중

朴 來 弘(正會員) 第 23卷 第 6號 參照

현재 서강대학교 전자공학과 교수

朴 貴 泰(正會員)

1947年 10月 25日生. 1975年 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1981年 동대학원 졸업(공학박사). 1975年 한국에너지 연구소 연구원. 1978年 광운대 공대 전기공학과 조교수. 1984年 1985年 미국 일리노이대학 객원연구원. 현재 고려대 공대 전기공학과 교수.