

3차원 데이터를 이용한 타이어 몰드번호 추출 및 인식

論 文

54D-10-3

A Identification of Tire Moldnumber using 3 Dimension Data.

李 機 聖[†] · 鄭 泰 媛^{*}

(Lee Ki Seong · Jeong Tae Won)

Abstract - This Paper proposes the tire mold number identification method which reads the letters on a tire surface with 3D. It is very difficult to separate the letters from the background of an image since the letters on a tire surface is an embossed data. There was many studies to read the letters on a tire surface for the factory automation, however, it was very difficult to separate the letters from the background of an image since the letters on a tire surface is embossed black characters on the black ground. In this study, we first developed the method to find the location of tire mold number, which is used to classify the tire size, from the embossed letters on a tire surface using 3-dimensional laser profile camera which is not affected by the lighting condition, then developed the method to separate the mold number from that location. As a result, we were able to contribute to automate the tire size classification which has been manually performed by operators previously.

Key Words : Tire, Moldnumber Identification, 3D Data, Laser, Profile Sensor

1. 서 론

다품종 소량생산이 특징인 국내 타이어회사의 제조공정에서는 여러 공정을 거치면서 같은 종류끼리 분류와 합류 등을 거치고 마지막에는 같은 종류의 타이어를 자동화창고에 자동 입고시키고 있다. 외국의 대형 타이어 업체의 경우는 생산라인에서 한 종류의 타이어만 생산하는 전용 라인화가 되어 있어서 규격 분류가 필요 없고, 반대로 중소 타이어업체의 경우는 제품의 이송라인이 자동화 되어있지 않고 작업자에 의해 이송, 관리가 되고 있기 때문에 타이어 규격의 자동 분류 필요성을 그다지 느끼지 못한다. 그러나 국내 타이어 업체의 경우 한 개의 생산라인에 20여 종류의 타이어를 동시에 생산하는 다품종 생산라인이 대부분이며 제품의 이송 라인도 자동화되어 있다. 현재는 타이어의 규격 분류는 자동 이송 라인 중 타이어 분류가 필요한 곳에 키보드 입력장치를 갖춘 규격 분류 대를 만들고 작업자의 육안으로 타이어의 종류를 식별, 분류하여 키보드 입력을 해줌으로서 다음공정으로 자동으로 이송하는 방식을 사용하고 있다.

타이어 제조공정 중 규격분류가 필요한 뒷공정의 흐름도를 보면 그림 1과 같다. ①은 여러 가지 재료에 의해 타이어 형태로 만들어진 "Green Tire"를 저장하는 소형 자동화 창고이

며 ②는 타이어 형태를 만들어 주는 몰드에 그린 타이어를 넣고 고압, 고열을 가해 완제품 타이어를 만드는 가류기(加硫機), ③은 완제품 타이어의 불량 유무를 육안에 의해 검사하는 과정, ④는 작업자의 육안 식별을 통해 규격정보를 입력하는 과정, ⑤는 입력된 규격정보에 의해 동일한 타이어를 그룹화 하여 저장하는 베퍼라인, ⑥은 강성균일성 측정기와 중량 불균형 측정기 및 엑스선 검사설비 등 타이어 품질을 검사하는 설비, ⑦은 팔레트에 동일규격끼리 적재하여 저장하는 자동화 창고로 생산라인이 구성되어 있다.

수십 대의 가류기에서 나온 여러 종류의 타이어가 혼합되어 하나의 콘베이어 라인으로 이송되고 육안에 의한 타이어 결함을 검사하는 외관 검사를 거친 타이어는 또 다시 여러 종류가 혼합된 채 규격 분류대 앞으로 이송된 후, 분류 작업자의 육안식별에 의해 규격을 키보드를 통해 입력받은 후 자동창고까지 자동으로 이송된다. 타이어의 규격 분류를 위한 작업자 인원이 위 공정의 30%정도를 점유하고 있기 때문에 육안 식별에 의한 규격 분류 작업을 자동화 할 경우 타이어 제조업체에서는 상당한 생산비용 절감을 이룰수 있기 때문에 자동화를 위해 많은 노력과 연구개발 투자를 해왔으며, 국내 타이어 제조회사로서는 타이어의 자동 분류가 생산 자동화의 수준을 결정 할 만큼 중요한 일이다. 타이어의 물리적 형태 즉, 외경, 내경, 폭, 중량 정보만을 가지고는 유사한 외형과 중량을 가진 제품들이 너무 많기 때문에 규격을 구분하기가 쉽지 않다.

그래서 타이어 측면 표면에 있는 문자를 카메라를 이용하여 이미지 프로세싱을 통해 타이어 규격을 인식하는 방법이 연구되기 시작하였다[1]~[6]. 타이어에 새겨진 돌출된 양각 문자들은 흑색바탕의 타이어표면에 흑색의 돌출 문자이기 때

[†] 교신저자, 正會員 : 忠南大 工大 電氣工學科 博士課程
E-mail : 8400372@hitel.net

^{*} 正會員 : 忠南大 工大 電氣工學科 教授 · 工博
接受日字 : 2005年 6月 21日
最終完了 : 2005年 9月 1日

문예 배경과 문자를 분리하는 것이 연구의 주된 목표가 되었다[1][2]. 따라서 연구의 대부분은 카메라에 의해 취득된 영상 데이터에서 문자를 추출하기 위한 전처리 단계까지 진행되었으나, 실용화까지는 해결해야 할 몇 가지 문제가 남아있다.[3] 타이어 표면 문자에 대해 선명한 화상을 얻기 위해 적외선 조명등 여러 가지 조명장치의 연구 및 조명 조사각도에 대한 연구를 하였으나 타이어마다 크기가 다양하고 곡면 형태가 달라서 최적의 조명조건을 만드는 것은 매우 어려운 일이었다[5].

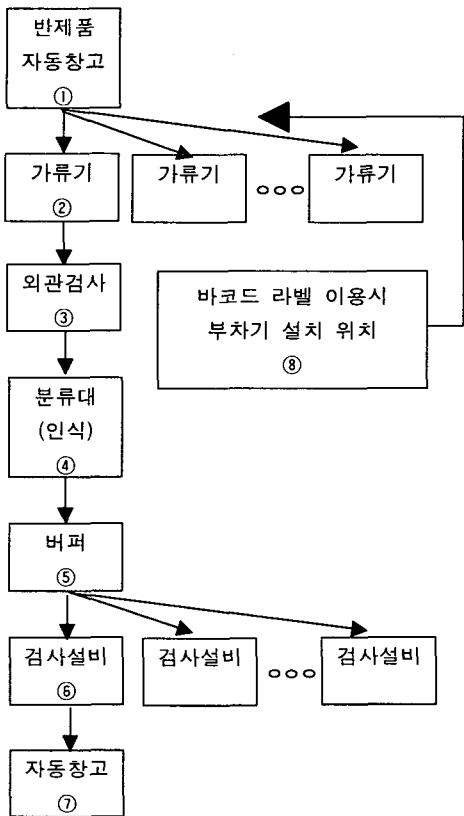


그림 1 타이어 제조 후 공정 흐름도
Fig. 1 Tire making sequence of a tire factory

조명조건에 영향을 받지 않는 레이저와 카메라에 의한 3차원 데이터를 이용한 문자인식 방법으로 기존의 배경과 문자 분리의 어려움은 해결 할 수 있었으나, 수많은 문자 중에 규격 분류를 위해 읽어야 할 문자를 찾는 어려움과 인식에 이르는 시간이 길고 인식률이 떨어져 실용화에 이르지 못했다[7].

본 연구에서는 조명조건에 영향을 받지 않도록 레이저와 각도를 두고 설치된 카메라를 이용해서 정속 회전하는 타이어의 표면에 돌출된 몰드번호 문자를 3차원으로 취득하여 양질의 데이터를 얻은 다음, 첫째 취득된 영상정보를 이용해서 타이어에 있는 문자 중 종류를 분류할 수 있는 문자 중 하나인 몰드번호의 위치를 찾아내는 방법과, 둘째 찾은 몰드번호 위치에서 몰드번호를 패턴매칭 방법과 통계적 방법을 결합한 방법을 통해 인식하는 것에 대해 기술하고자 한다.

2. 타이어 규격분류를 위한 기존의 방법

2.1 타이어 측면 표면의 문자

타이어에는 타이어 크기와 형태, 제조일, 규격 정보, 제조 회사 정보 등 많은 문자가 양각 또는 음각되어 있다.

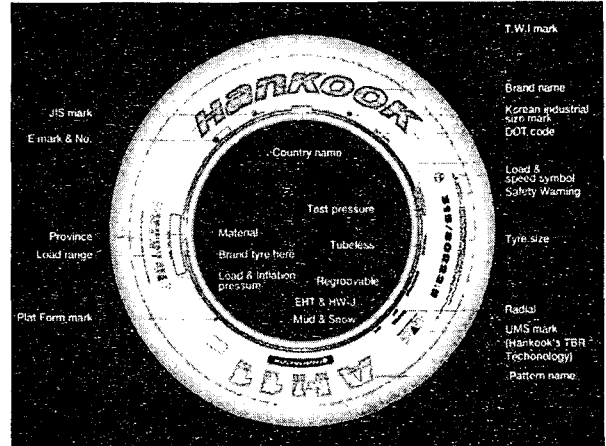


그림 2 타이어 측면에 양각 또는 음각된 문자
Fig. 2 The character to be sculptured at a tire side

타이어에 표시된 여러 가지 문자 중 규격코드는 타이어 크기와 내경 등을 표시하고, 도트(DOT) 코드는 미국 교통성이 제시한 코드로 제조회사, 공장, 규격, 패턴정보가 포함된 문자이며, 몰드번호는 몰드의 고유 번호를 표시하는, 세 종류의 타이어 규격을 구분 할 수 있는 문자가 있다.

그림 3(a) 규격 코드에 표시된 "185/60 R 14 82 H"에는 타이어의 크기, 내경, 타이어의 구조에 대한 정보가 있으며 (b) 도트코드는 미국 교통성에서 인증한 타이어 규격표시 코드로서 타이어 규격 패턴 코드 및 브랜드 코드 등 규격분류를 위한 모든 정보가 포함되어 있다. (c) 몰드번호는 몰드 제작 시 부여되는 고유 시리얼 번호로 별도의 데이터베이스에 의해 규격 정보가 관리되고 있다. 타이어 규격분류를 위해서 필요로 하는 정보는 타이어의 크기를 나타내는 규격정보, 트레드(Tread)의 패턴을 표시하는 패턴코드, 그리고 브랜드 코드를 알아야 한다. 따라서 세 가지 문자 중 규격 코드는 타이어 규격 분류를 위한 트레드 패턴 및 브랜드 코드가 없기 때문에 규격분류 정보로는 부족하나 도트 코드와 몰드 번호는 규격분류가 가능하며, 도트코드 인식에 대한 연구는 문헌에 보고되기도 하였다.[2][4][7]

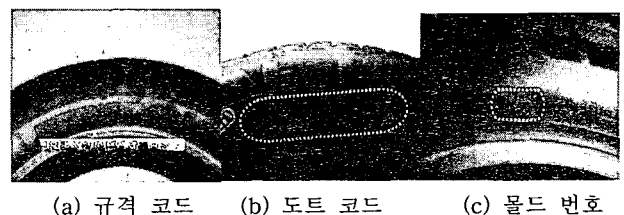


그림 3 타이어의 규격 분류가 가능한 문자의 종류
Fig. 3 The kinds of the character which can know a tire kind

2.2 영상처리에 의한 타이어 규격 인식

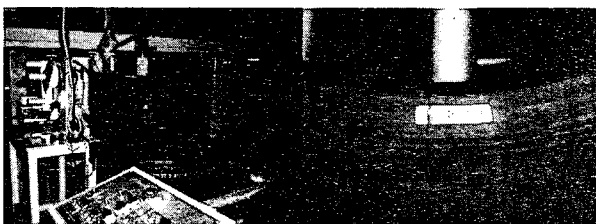
영상처리에 의한 타이어 규격인식은 타이어 표면에 돌출되어 있는 문자를 카메라를 이용하여 인식하는 방법이기 때문에 문자와 배경의 분리가 어렵다. 검은색의 표면에 검은색의 문자를 인식해야 하는 타이어는 색대비가 크지 않아 조명의 위치에 따라 원래의 영상이 많은 영향을 받고 다양한 크기와 형태 그리고 다양한 굴곡을 가진 타이어에 적합한 조사각도 등 조명환경 설계를 한다는 것은 쉽지 않다.

타이어 문자 중에서 도트 코드 또는 몰드번호를 인식하려면, 첫째로 타이어 표면의 많은 문자 중 도트 코드가 어떤 것 인지를 인식해야 하며, 두 번째 도트 코드를 배경과 문자를 분리하여 인식하는 과정이 필요하다.

현재까지의 연구는 인식해야 할 도트 코드가 있는 부위를 찾는 과정은 생략되고 인위적으로 육안에 의해 확인된 도트 코드 부분의 영상을 카메라로 취득하여 문자인식을 하는 전처리 위주였다, 또한 카메라 설치위치와 조명 조사각도를 인위적으로 최적상태로 만들고 취득 영상 내에 도트코드 이외의 문자가 없는 상태에서 영상처리를 하여 문자 인식률도 80~95%까지 이를 수 있었지만, 이는 첫 번째 과정인 타이어 전체 면 중에서 도트 코드를 분리하는 과정이 없었기 때문에 실용화를 하기엔 부족하였으며 문자인식을 위한 전처리 단계에서 종료되는 경우가 대부분이었다. 기존의 연구들도 육안에 의해 확인된 문자의 위치에 카메라를 인위적으로 위치시킨 다음 문자를 인식하는 연구 위주였고 전체 면에 대해 영상처리를 하여 도트 코드를 찾아내는 연구단계까지 가지는 못했다.

또한 타이어의 형태가 원형이기 때문에 일반 카메라를 이용한 영상처리 시 전체 타이어의 영상을 한 화면에 잡을 경우 일반적인 카메라 분해능 512x512에서는 문자를 식별할 수가 없다. 타이어의 문자 두께가 1mm이내이고, 픽셀 당 2mm 정도 점유하기 때문에 문자인식 분해능에는 미치지 못하기 때문이다. 따라서 여러 개의 화면으로 나눠서 영상을 취득하거나, 타이어 또는 라인스캔 카메라를 이용하는 방법도 생각할 수 있었지만, 위치가 확인된 상태에서도 도트 코드 문자인식이 실용화 수준으로 되지 않았기 때문에 타이어의 전체면 중에서 도트 코드의 위치가 어디에 존재하는지 찾는 연구는 진행되지 못했다.[4][7]

2.3 바코드에 의한 타이어 규격 인식



(a) 바코드 라벨 자동부착기 (b) 타이어 바코드

그림 4 타이어용 바코드

Fig. 4 A tire bar code.

제조라인에서 타이어의 규격정보는 반제품 자동창고 이전

에 정의되지만, 브랜드 정보는 가류기를 지나면서 모든 규격 정보가 완성이 되는 구조를 가지고 있다. 바코드를 타이어에 부착할 경우, 바코드 자동 부착기는 반제품 정보와 가류기까지 이송정보를 이용하여 라벨에 바코드를 인쇄하여 자동부착하고, 이 라벨정보는 분류작업대에 설치된 바코드 스캐너에 의해 읽혀진다. 시스템의 구성 자체는 문제는 없었지만 우선적으로 반제품 자동창고가 설치되어야 하고 자동창고로부터 가류기까지 제품의 정보를 가지고 자동으로 이송되는 반송라인이 있어야 한다. 그러나 대부분 라인에 자동창고를 운영하지 않고 있어 일부의 생산 라인에서만 실제 가동 중에 있다. 바코드 인식률은 94%~95%정도 인데, 바코드 라벨이 가류기의 고열과 고압에 견뎌야 하는 재료가 생산원가를 증가시키고, 가류기의 고열 및 고압이 라벨의 변색, 탈색, 훼손, 오염 등의 문제를 야기하기 때문이다.

이외의 타이어 규격인식 방법으로 타이어 제조 시 고무 구조물속에 RFID(Radio Frequency Identification)를 삽입하는 방법도 있었으나 생산원가의 증가와, 고속회전 시 타이어의 급격한 수축이완 운동에 의해 RFID가 타이어속의 하나의 이물질로서 타이어 파손의 요인이 되어 타이어 규격 분류를 위한 자동화에 실용하기는 어려운 상태다.

3.3차원 프로파일 센서를 이용한 TIRE 규격 인식

3.1 시스템 구성

보통의 비전 시스템처럼 2차원 영상 데이터를 가지고는 인식의 어려움을 감안하여 3차원 입체영상을 취득하기로 했다. 수직방향으로 레이저를 방사시키고, 사선방향에서 2차원 카메라를 배치해 경사각에 의해 생성된 피사체의 프로파일 데이터를 얻었다.

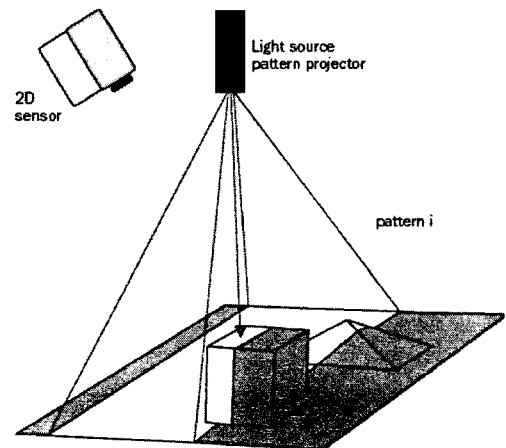


그림 5 레이저와 경사각을 가진 카메라 배치

Fig. 5 Camera disposition which has the angle with the laser.

본 연구에 사용된 프로파일 측정용 센서는 "Sheet of Light range Imaging", "레이저 프로파일" 및 "Light-stripe ranging" 등의 이름으로 불리나 여기서는 프로파일 센서로 표현한다. 레이저에 의해 빔이 타이어에 조사되면 상대적으로 주변보다 밝게 반사된 라인을 512x512 유효픽셀을 가진 2차원 카메라에서 레이저 라인을 따라서 3차원의 위치 데이터

를 취득하게 된다.

프로파일 이미지 센서는 내장용 제어기(StrongArm SA1110)로 515×512픽셀의 2차원 데이터 프로파일을 검출하고, 500kbps의 고속 전송 능력을 가진 IEEE 1394로 1초당 25KHz의 프로파일 데이터를 컴퓨터에 전송할 수가 있다. 타이어 1회전에 걸리는 3초 동안 전체면 영상 취득 시 8,192/3sec = 약 2.7KHz가 소요되므로 카메라의 데이터 취득 능력은 충분하였다. 그림 6(c)는 1라인의 프로파일을 의미하며, X좌표는 512분해능의 타이어 폭, 방향, 거리이며 실제 거리는 약 35mm이고, Y좌표는 돌출된 문자의 높이가 512 픽셀로 구분된 단위이다. 표시된 단위는 픽셀단위로 가로 세로 중심점을 "0"으로 -256에서 +256픽셀 범위를 1/10로 표시하였다.

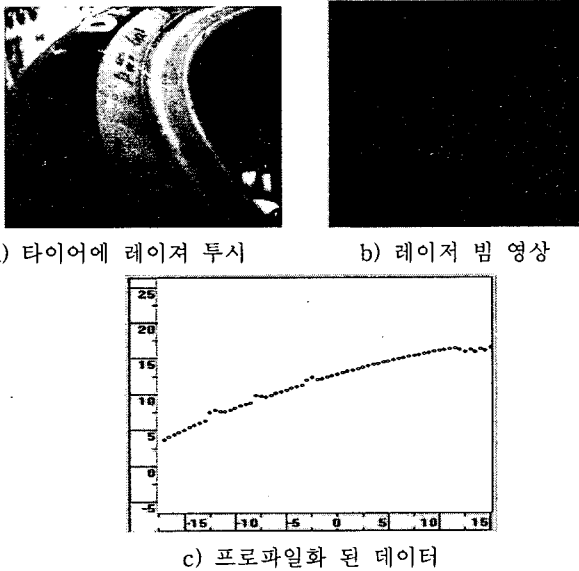


그림 6 프로파일 센서에 의해 취득된 영상
Fig. 6 The image to be acquired by a profile sensor

타이어 몰드번호 문자인식을 위해서 타이어 전체 면, 즉 1회전에 대해 8,192개의 프로파일 데이터가 필요하다. 설비 구조는 중심위치에 타이어를 이송시키기 위한 센터링 장치와 동일한 중심축에 360도를 회전할 수 있는 구조로 된 프로파일 센서가 타이어의 위쪽에 설치되며 다양한 타이어 높이에 대응하기 위해 상하 조절이 가능하게 되어있다. 초기에는 타이어를 회전 시켰으나, 프로파일 센서를 회전시키는 것으로 설계를 전환 하였다. 프로파일 센서 회전축에는 개발 초기에 2,048분해능의 엔코더가 설치하였으나, 분해능 향상을 위해 엔코더의 A, B상의 상승, 하강 인터럽트를 모두 샘플링 이벤트로 사용하여 4배 증가된 8,192 개의 프로파일 데이터를 얻었다.

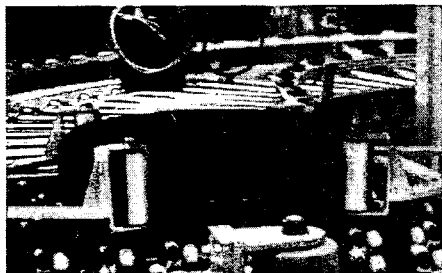


그림 7 몰드번호 문자인식을 위한 기구장치
Fig. 7 The instrument device for Mold number recognition

3.2 몰드 번호 인식

몰드번호 인식은 3차원 프로파일 센서로 타이어 전체 면에 대해 8,192x512 픽셀의 3차원 영상데이터를 취득하고, 2차원 고속 푸리에 변환을 이용한 대역통과 필터를 거쳐 타이어의 곡면 성분과 고주파 잡음을 제거한다. 문자가 있는 부분을 강조한 형태의 몰드번호 기준 패턴을 만들고, 이를 타이어 전체 영상과 패턴 매칭방법을 통해 가장 유사도가 높은 위치를 찾아서 몰드번호가 있는 위치로 인식하였고, 인식된 몰드번호가 폰트와 크기가 일정하다는 장점을 살려, 등록시켜둔 각각의 문자의 패턴과 비교하여 유사도가 높은 문자로 몰드번호를 검출하는 과정을 그림 8의 순서도로 나타내었다.

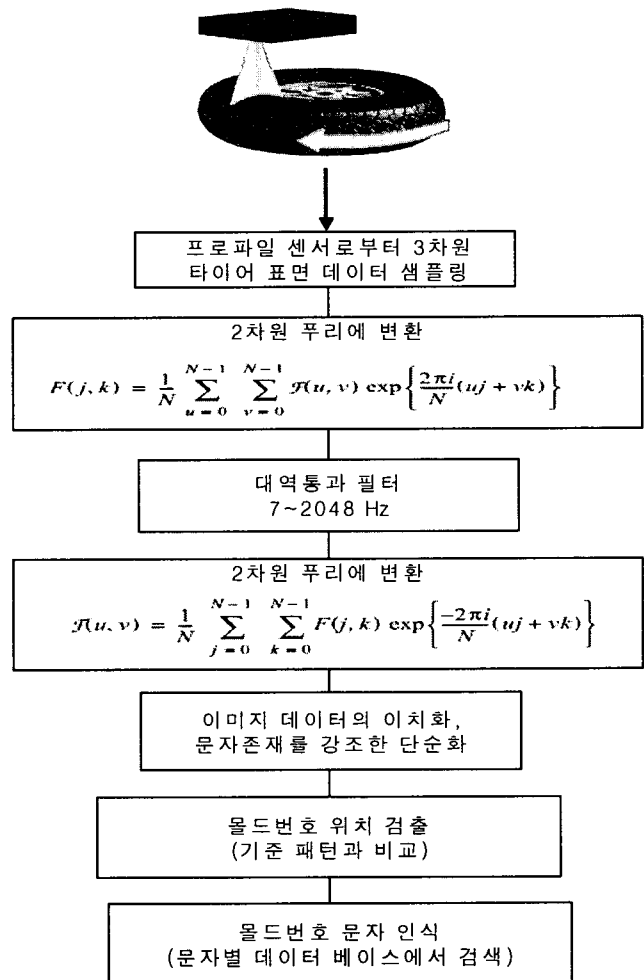


그림 8 타이어 몰드번호 인식 순서도
Fig. 8 Mold number recognition sequence of the tire

프로파일 센서로부터 취득된 각각의 영상이미지 8,192개를 나열하면 그림 9와 같은 2차원 영상이 되며 각각의 픽셀은 타이어 표면의 돌출된 문자부위의 높이 값이므로 3차원 입체 이미지가 만들어졌음을 의미한다. 시각적으로 보기 쉽게 높이 값이 클수록 적색 작을수록 청색으로 표현하였다.타이어를 중심축으로 하여 프로파일 센서가 회전하며 프로파일을 읽었을 때 각도별로 높낮이 차이가 있고 가로축에 물결형태를 이루는 것도 고무로 만들어진 타이어를 기구장치에 의해 중심에

정확히 일치하기 어렵기 때문이다.

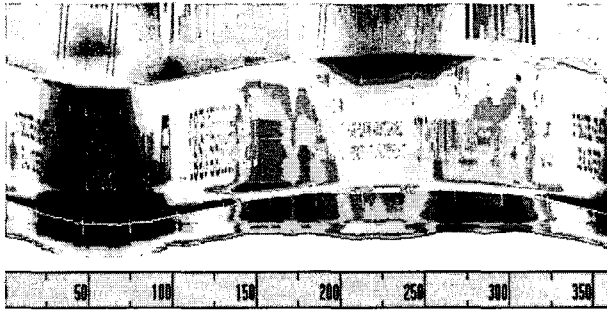
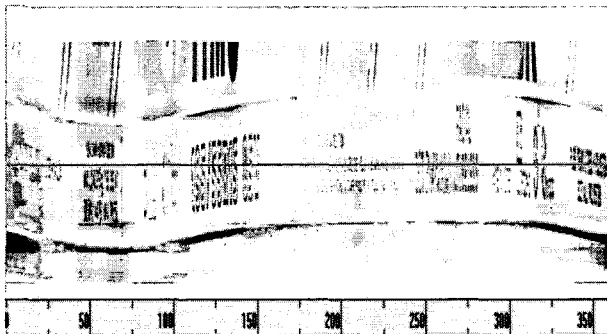
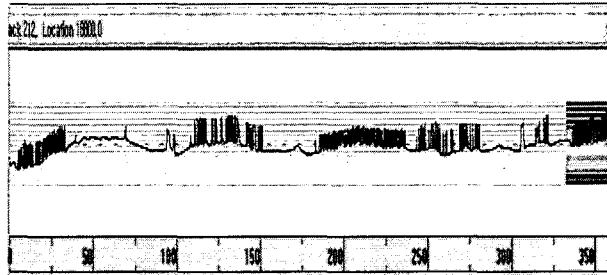


그림 9 타이어 1회전의 전체 데이터
Fig. 9 A tire image which a tire 1 rotation is acquired

프로파일 데이터에서 필요한 정보는 타이어 표면에 돌출된 문자들이기 때문에 대역 통과 필터링(7-2048 Hz)을 거치고 나면 그림 10과 같은 데이터를 얻을 수 있다. 실제 타이어의 종 방향에서의 비진원도 성분의 제거와 횡 방향에서 타이어의 굴곡을 제거하여 평탄한 표면에 나타난 문자만을 검출하기 위한 필터링이기 때문에 고역통과 필터링을 하였고 고주파 노이즈 성분 제거를 위해 저주파구간을 설정하였다.



(a) 대역통과 필터 후 데이터



(b) 특정 라인에서의 문자의 높이 데이터

그림 10 대역 통과 필터링 후 데이터
Fig. 10 The result of Band Pass Filtering

그림 10(a)는 카메라에 잡힌 문자 이미지이고, (b)는 (a)에서 잡힌 이미지의 특정 수평면 라인(검은색)에서 바라본 전면이며, 그래프를 보면 각 위치에서 만나는 문자들의 높이가 측정되었음을 보이고 있다.

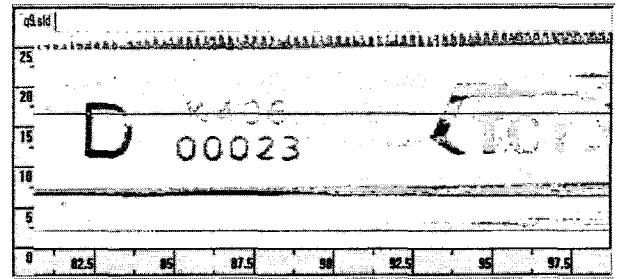
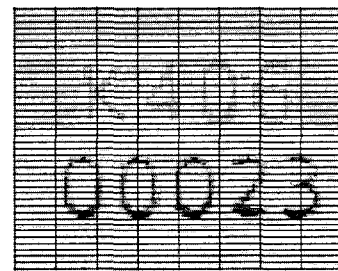
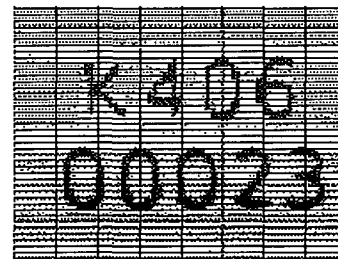


그림 11 몰드번호 위치
Fig. 11 The image of Mold number location

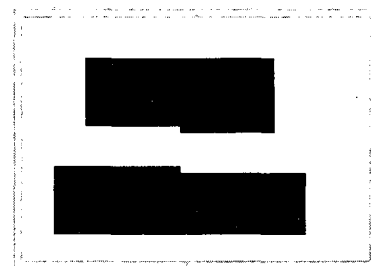
타이어 몰드번호 인식에서 가장 중요한 것은 몰드번호의 위치이다. 일반적으로 디지털 영상처리를 통한 특정문자 또는 기호를 인식할 때는 고유의 특징이 무엇인지를 정의하고 정의된 특징을 찾는 알고리즘을 구현하게 된다. 그림 11에서 인식하려고 하는 몰드번호의 문자 특징을 보면 위아래 두 줄의 문자로 구성되며 좌, 우, 상, 하에 일정량의 여백이 있으므로 이 형태를 몰드번호 특징으로 규정 하였다.



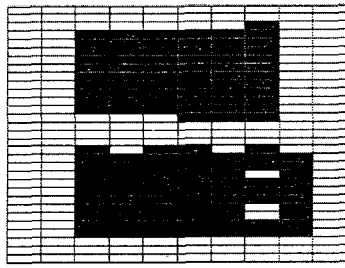
(a) 원 데이터



(b) 이치 화



(c) 단순화



(d)표준화

그림 12 표준 몰드번호 패턴을 만들기 위한 처리 과정
Fig. 12 A processing course to make a standard Mold number pattern

본 연구는 일차적으로 이미지 데이터를 단순화하고, 몰드번호 특징도 단순화하여 매칭 시키는 방법을 제안한다. 몰드번호 학습을 위해 타이어 전체 3차원 데이터 중에서 몰드번호의 영역을 정하고 그림 12(b)와 같이 이치화(binary)를 하였다. 몰드번호의 192x160 픽셀 영역을 12x40 픽셀로 하여, 가로축은 1/16로, 세로축은 1/4로 단순화하기 위해 식 (1)로 정리하였다.

$$A(i, j) = \sum_{k=18i}^{16+16} \sum_{l=4j}^{4+4} B(k, l) \quad i = 0 \text{ to } 11, j = 0 \text{ to } 39 \quad (1)$$

if $A(i, j) > 6$ $A(i, j) = 1$, else $A(i, j) = 0$

변환된 1개의 픽셀은 변환시키기 전 16x4 픽셀의 이치화된 데이터 중 약 10%정도인 6개 이상이 1인 경우, 단순화 시킨 픽셀을 1로, 그보다 적은 경우 0으로 한 것이며, 문자가 있는 위치를 강조하는 것으로 문자 배치상태를 특징 패턴화시키기 위해 제안된 방법이며, 결과는 그림 12(c)와 같이 문자가 아닌 패턴이 만들어 진다. 이와 같이 원래의 몰드번호가 있는 영역 192x160 픽셀을 12x40픽셀의 패턴으로 변환되었다. 이같이 학습시킨 몰드번호 패턴은 특정 몰드번호(K40600023)의 특징이므로 다른 몰드번호 문자들에게도 적용되도록 특정문자에만 한정되지 않게 그림 12(d)와 같이 표준화하여 수정하였으며, 몰드번호 문자가 일종의 패턴으로 변환이 되었다

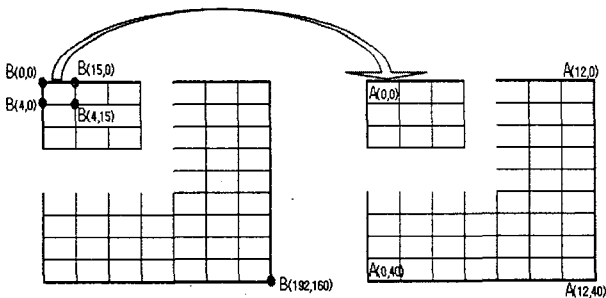


그림 13 몰드번호 특징의 단순화
Fig. 13 The simplification of Mold number feature

다음은 타이어 표면 전체의 8,192x512 픽셀 데이터도 기준 패턴 변환과 동일한 방법으로 가로축 1/16 세로축 1/4로 단순화하여 512x128 데이터로 픽셀 분해능을 축소하였다. 이 방법은 처리시간의 단축과 몰드번호의 특징을 찾기 위해 고안된 방법으로 이 과정을 거쳐 그림 14와 같은 형태로 변환이 되었다.

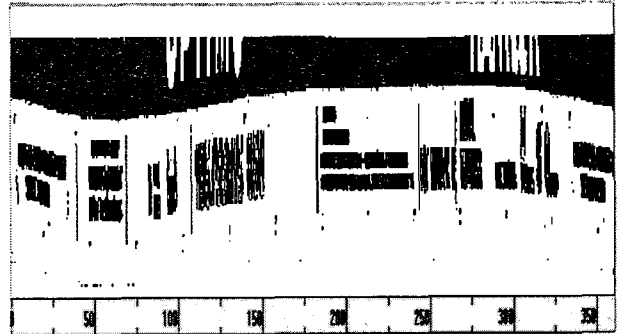


그림 14 타이어 측면 문자영상의 특징을 강조한 변환
Fig. 14 The conversion to emphasize the feature of a tire side character image.

몰드 번호의 위치를 찾기 위해 그림 12(d)의 몰드번호를 표준화한 기준 패턴을 그림 14의 타이어 전체 표면 데이터와 매칭 시켜 동일한 위치를 찾는다. 패턴매칭 또는 매트릭스 매칭은 가장 일반적인 방법의 하나이다. 패턴매칭에서 개개의 이미지 픽셀들은 모양형태로 사용된다. 기준 패턴과 입력된 전체 이미지와 비교하는데, 각 비교는 입력된 이미지와 패턴 매칭의 유사도(similarity) 측정으로 실행한다. 인식하려는 패턴 한 픽셀이 입력 이미지의 똑같은 픽셀과 동일하다면 유사도의 정확도는 증가한다.

패턴 비교를 위해 가로축으로 512-12=500, 세로축으로 128-40=88회를 옆으로 이동 시켜 모든 영역에 대해 비교를 하고 각각의 위치에서 유사도를 득점표로 만든 다음 최고의 유사도 점수를 얻은 위치를 몰드번호가 존재하는 위치로 판단하게 된다.

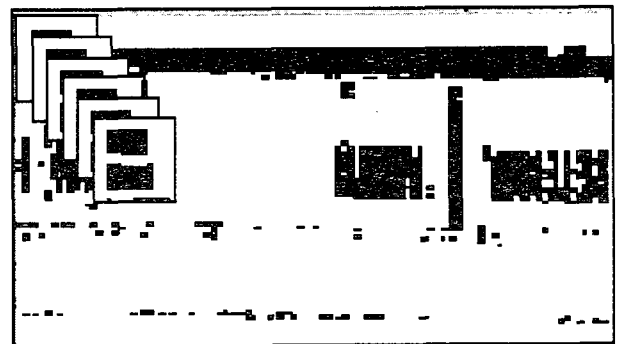


그림 15 기준 패턴과 입력데이터와 패턴 비교
Fig. 15 The comparison with a criteria pattern and an input pattern data

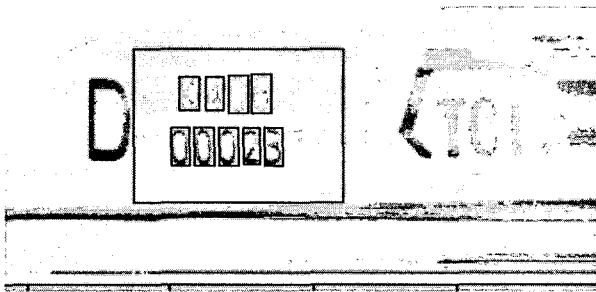


그림 16 검출된 몰드번호 위치와 각각의 문자
 Fig. 16 The location of Mold number and each character to be detected

타이어 몰드번호는 규정된 폰트와 크기를 가지고 있어서 인식에 유리한 면이 많은데, 이는 문자에 신뢰성이 가장 높은 직접 패턴 비교방식이 문자를 분류할 수가 있다는 것을 의미한다. 이를 위해 각각의 문자 (0-9, A-Z)를 사전학습으로 등록을 시키고, 동일한 문자도 여러 횟수 캡처를 하여 문자의 샘플 등록수를 각각 20여개 이상으로 등록하였다.

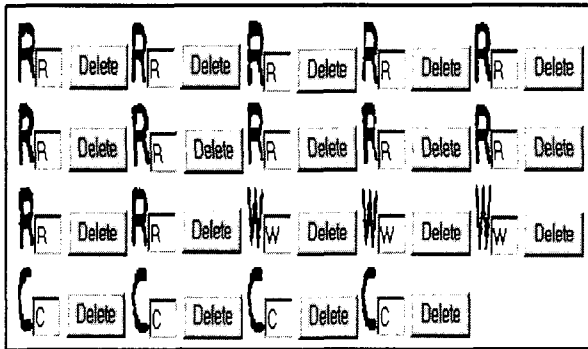


그림 17 문자 이미지의 등록
 Fig. 17 The registration of a character image

동일한 문자라도 취득된 영상들이 다양하기 때문에 유사문자로의 잘못 인식될 가능성이 많다. 예를 들어 '8'과'9', 'R'과 'A', '0'과'C' 등이 있다. 본 연구에서는 실제 취득된 문자들을 다량 데이터베이스 화 하여 저장하였고, 등록된 동일한 문자로 등록된 데이터 $An(x, y)$ 를 모두 중첩시켜서 식(2)과 같이 각각의 픽셀별로 가중치를 갖는 데이터로 $B(i, j)$ 를 계산하고 각각의 문자인식 시 문자별 비교 패턴 데이터로 사용한다.

$$B(i, j) = \sum_{n=1}^n An(x, y) \quad x = 1 \text{ to } 60, y = 1 \text{ to } 40 \quad (2)$$

그림 16과 같이 검색된 몰드번호 위치에서 각각의 문자 분리는 라인 히스토그램의 특성을 이용해서 문자를 확인하였다. 2열로 되어 있는 몰드번호를 세로축 라인히스토그램 분포를 이용해 위 문자라인과 아래 문자라인을 분리해 내고, 각 문자 라인을 또 가로축으로 하여 각각의 개별 문자를 분리해 내었다.

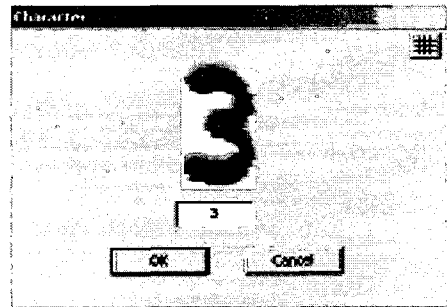
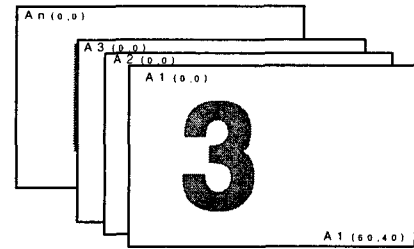


그림 18 문자의 픽셀별 가중치 구조
 Fig. 18 A weight structure of a character Pixel

그림 18은 동일문자에서 각 픽셀별로 자주 중첩된 부분은 가중치가 높고, 그렇지 않은 부분은 낮게 나타난 것으로 문자 가중치 배열을 가지고 인식하여야 할 문자와 비교를 하였다. 역시 문자별로 가중치에 따른 득점표를 만들어서 비교를 하여 점수가 가장 높은 문자를 인식하였다. 식(3)의 $P(x, y)$ 는 이치화한 입력 문자 데이터이고 $A(x, y)$ 는 비교를 위한 문자의 가중치 매트릭스 데이터이다.

$$Score(Chactor) = \left(\sum_{x=0}^{60} \sum_{y=0}^{40} (P(x, y) \times A(x, y)) \right) / (40 \times 60) \quad (3)$$

4. 시험결과

타이어 몰드번호 인식을 위해 제작한 기구장치를 타이어 이송 라인의 중간에 설치하고, 3차원 인식용 카메라로 랜덤하게 진입되는 타이어의 몰드번호 인식 테스트를 수행 하였다.

가로 세로 4mm 이내로 타이어 문자 중, 작은 크기인 몰드번호를 인식하는데, 높은 분해능을 얻기 위해 카메라와 타이어 표면 사이의 거리를 60mm로 배치했고, 카메라의 화면인식범위가 5mm정도이어서, 프로파일 센서와 타이어 표면 간 거리를 일정한 간격으로 유지하였다. 즉 프로파일 센서와 타이어간 거리가 항상 60mm가 되도록 서보 구동모터와 별도의 정밀 레이저 거리센서를 추가로 부착하여 다양한 폭의 타이어에 일정 높이가 맞춰지도록 센서의 위치를 제어하였다.

실용화를 위해서는 진입된 타이어의 표면 문자 중 몰드번호의 위치를 찾고, 그 위치의 문자를 분리 인식하여야 하며 인식률은 98% 이상을 목표로 잡았다. 인식 실패된 2%정도의 타이어는 수작업 분류 처리를 하며 작업자의 실제 작업 부하 1일 24시간 중, 실 작업시간(21시간x70% 작업성)에서 약 2%인 약 20분정도의 작업 부하만 남게 되므로 타이어 규격 분

류의 무인 자동화가 가능하게 된다.

제안된 방법들에 따라 타이어 몰드번호 인식을 실행하였을 때 그림 19와 같이 몰드번호의 위치를 찾아내고, 찾아낸 몰드번호 영역에 존재하는 문자를 분리하여 인식하였다.

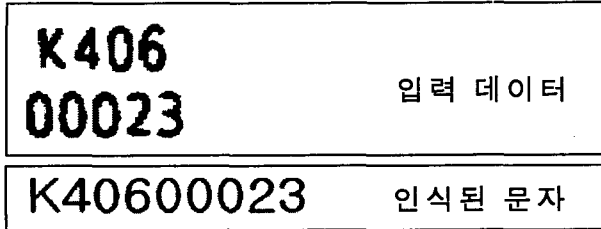


그림 19 타이어 몰드번호 문자인식 결과
 Fig. 19 The result of a tire Mold number character recognition

각 문자별로 문자 데이터베이스의 가중치 매트릭스에 따라 계산된 득표 중 가장 높은 값을 찾아내는 방식이므로 인식된 문자와 차순위 유사문자간의 점수차가 많을수록 인식율이 높아진다. 표1에서 인식된 문자와 차순위 유사문자의 득점표를 나타내고 있다. 몰드번호 영역에서 각각의 문자로 분리된 문자 이미지와 인식된 최우선순위 문자, 유사도, 그리고 차순위 문자를 표시하고 점수 순으로 실험을 했는데, 예로 "Data Graph Heading"이라는 문자 실험 한 것을 그래프와 함께 간략히 나열하였다.

표 1 문자인식 결과 및 득점표
 Table 1. The result of the character recognition and scoremap

Image	Character	Confidence	Char2	Confidence2	Data Graph Heading
R	R	94.07	H	83.33	RH98536KA0
A	A	89.27	4	71.84	A4K176R852
0	0	89.96	9	76.89	09658R2H37
8	8	86.40	5	79.96	85963R0KH2
0	0	82.83	9	79.12	0986HR532K
1	1	80.80	3	64.29	1374K52H60
0	0	82.62	9	75.98	0958827R3H
7	7	92.82	2	78.97	721549360R
7	7	91.38	2	76.35	721549R306

그동안의 연구가 실험실에서의 영상 전처리 과정을 주로 했던 반면, 본 연구에서는 실용화를 목표로 했기 때문에 실제 현장 자동조건에서 테스트가 필수요건이 된다. 따라서 제조 현장 라인에 설치된 인식장치의 신뢰성 검증을 위해 약 3개월간의 현장 적용 테스트를 실시하였고 표.2 에 최근 일주일

간의 테스트 결과를 나타냈다.

인식 실패의 원인은 크게 두 가지 경우인데, 첫째는 유사 문자를 인식하는 경우 또는 몰드번호 문자간의 불규칙한 간격 때문에 문자와 문자를 분리해 내는데 실패하는 경우와, 둘째 프로파일 센서를 타이어의 표면에 일정거리를 유지하도록 기구적인 위치제어를 할때 타이어의 변형에 의한 위치 검출을 실패하는 경우가 일부 발생하였다. 그러나 전체적으로 99% 이상의 인식률을 보임에 따라 타이어 분류 라인에 본 몰드번호 인식 장치를 설치하여 정상 운용할 수가 있었다

표 2 일자별 문자인식 테스트 결과
 Table 2. The result of a character recognition test in the manufacture line

측정 일차	테스트 수량	유사문자 인식오류	센서 위치 검출 오류	정상인식 수량	인식률
1	428	11	0	417	97.4%
2	1,170	17	0	1,153	98.5%
3	635	8	3	624	98.3%
4	835	12	2	821	98.3%
5	698	0	2	696	99.7%
6	986	0	1	985	99.9%
7	831	0	1	830	99.9%
8	418	0	1	417	99.8%
9	745	0	3	742	99.6%
합계	6,746	48	13	6,685	99.1%

5. 결 론

타이어 제조회사의 공정 및 물류 자동화에 큰 기여를 할 수 있는 규격인식의 방법으로 바코드, 카메라를 이용한 문자 인식 방법 등을 시도하였으나 운용상의 어려움, 비용, 낮은 인식률 등의 문제점으로 현실화시키지 못하고 있었다. 기존의 카메라에 의한 문자인식 방식의 경우 검은색 타이어 위의 돌출된 문자의 영상이 조명에 따라 배경과 문자의 분리가 어려워 낮은 인식률을 보인 반면, 본 연구에서 제안한 시스템의 경우 조명, 외란, 진동의 영향을 받지 않는 레이저 프로파일 센서를 이용함으로써 기존의 비전시스템 방식으로 개발진행 시 나타났던 이와 같은 문제점들을 해결 할 수 있었다. 또한 몰드번호의 특징을 강조, 단순화 하여 기준패턴 형태로 만들고, 입력 영상 또한 문자가 있는 부분을 강조, 단순화하여 적은횟수의 비교를 행함으로써 몰드번호의 위치를 찾을 수 있었던 것이 본 연구를 실용화 하는데 가장 큰 결실이었다.

기존의 영상처리 방법들이 많은 시간이 걸렸으나 크기가

작은 물드번호 인식을 위해 입력영상을 높은 분해능을 갖는 데이터로 취득하며, 2-3초의 짧은 시간에 모든 처리를 끝낼 수 있어서 물드번호 인식을 위한 소요시간의 추가 없이 본 시스템을 현장 생산라인에 적용을 할 수 있었다. 본 시스템의 개발로 타이어 제조과정 중, 타이어 규격분류에 의한 타이어 이송 자동화에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] 오영진, "타이어 측면 문자인식 방안에 관한 연구", 고려대학교 석사논문, 1993
 [2] 이기성, "타이어 DOT 코드 인식 분류를 위한 최적의 영상처리 기법에 관한 연구", 숭실대학교 석사논문, 1996
 [3] 정태영, 류한성, 탁영봉, "음, 양각의 타이어 문자 인식을 위한 영상 전처리", 자동화 및 컴퓨터응용기술 연구소 논문집 제 3집 pp.25-29, 1996
 [4] 강영임, 구건서 오해석, "MCBP 망을 이용한 타이어 DOT 코드 인식", 숭실대학교 논문집 공학편 제 26편 제1호, 1996
 [5] 하종은, 이재용, 권인소, "표면의 반사 특성을 이용한 타이어 정보마크의 추출", 제어. 자동화. 시스템공학 논문지 제2권 제 4호, pp. 324-329, 1996
 [6] 구건서, 오해석, "타이어 분류코드의 효율적 인식을 위한 MCBP망", 한국 정보처리학회 논문지 제 4권 제 2호, pp. 465-482, 1997
 [7] 김재한, 심계장, "3차원 데이터를 이용한 DOT 분류코드의 추출", 공업기술연구논문집 제 1집, pp.447-452, 2001
 [8] Park Gyu Tae, "Digital signal process", MunUnDang, 1992
 [9] Cadzow, J.A, "Discrete-Time and Computer Control Systems", Prentice Hall, Inc., 1970
 [10] 고성제, 김재원, "DIPSIM을 이용한 디지털 영상처리", 문영사, pp.103-142, 2002
 [11] Byte-wise Measurement Systems, "Introduction of IVP Ranger SAH5(Profile Sensor)", pp.74~109, 2004
 [12] A.Erhardt-Ferron, "Theory and Applications of Digital Image Processing"
 [13] H.Takahashi, T.D.Griffin "Recognition Enhancement by linear Tournament Verification", "Proceeding of the Second ICDAR, pp.586~588, 1993

[14] R.M. Haralick, K.Shanmugam, and I.Dinstein, "Textural Features for Image Classification", IEEE Trans System, No.6, pp.610~621. 1973
 [15] William K.Pratt, "Digital Image Processing" John Wiley & Sons, Inc. pp.15~20, 2001
 [16] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, 2nd Ed, McGraw-Hill, New York, 1996
 [17] E. R. Dougherty, *Random Processes for Image and Signal Processing*, Vol. PM44, SPIE Press, Bellingham, Wash, 1998

저 자 소 개



이 기 성(李機聖)

1965년 9월 27일생. 1991년 전남대 전기공학과 졸업. 1997년 충남대 전기공학과 졸업(석사). 2000~ 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 현재 한국타이어 근무.



정 태 원(鄭泰媛)

1948년 1월 28일생. 1970년 전북대 전기공학과 졸업. 1984년 연세대 전기공학과 졸업(공학박사). 1976~현재 충남대 전기공학과 교수.