
고무타이어 문자열 입력영상 개선을 위한 전처리와 광학조건에 관한 연구

류한성* · 최중경* · 권정혁* · 구본민* · 박무열*

A Study on Optical Condition and preprocessing
for Input Image Improvement of Dented and Raised Characters of Rubber Tires

Han-Seong Ryu* · Jung-Keying Choi* · Jeong-Hyeck Kwon* · Bon-Min Koo* · Moo-Yurl Park*

요 약

영상처리라는 것은 문자를 인식하거나 물체를 인식하는 등 어떠한 물체의 특징을 추출하여 그에 대한 정보를 가지고 자동제어 시스템이나 인식시스템에 도입하는 것이다. 그러나 이러한 시스템들에 도입시키기 위해서는 찾고자 하는 물체의 특징을 잘 검출할 수 있어야 하며 검출된 특징의 패턴도 잘 구별해야 한다. 그러나 본 논문에서 다루고 있는 고무 타이어의 특성은 배경과 문자열이 존재하는 특징면이 잘 구분되지 않는다는 것이다. 이것은 곧 특징 추출이 어렵다는 것을 간접적으로 나타내고 있는 것이다. 그러므로 수많은 논문에서 소실된 특징 정보를 복원하기 위한 기술과 끊어진 문자 정보를 유추하여 맞춰 내는 등의 기술을 많이 연구해 왔다. 그러나 우리는 무엇보다 처음에 입력받는 영상이 좋아야만 나머지 필터링이나 영상 처리기법이 쉽다고 생각하여 입력 영상을 개선시킬 수 있는 광학적인 환경에 관심을 두기로 하였다. 본 논문은 이러한 영상처리기법 중에서 입력 영상을 보다 선명하게 받아들이기 위한 조건을 찾고 광학적인 이론을 찾고자 하는 논문이다. 본 논문은 타이어를 생산하는 라인에서 타이어에 각인되어 있는 문자를 인식하고 상위 컴퓨터인 호스트 컴퓨터에 자료를 전송함으로써 물류를 관리하고, 다음 공정인 진수 검사공정에서 각 타이어에 맞는 휠을 끼우기 위한 작업을 위한 것이다. 이러한 시스템을 위해서는 나은 양질의 입력영상을 획득해야만 인식과정에서 오인식을 줄일 수 있고 자동화 공정에 응용할 수 있다. 양질의 입력영상을 획득하기 위해서는 빛의 입사각도와 피사체가 이루는 각도가 어떠한 각의 형태를 가지는가 하는 것이 중요하며 또한 이것을 받아들이는 카메라의 각도가 피사체와 어떠한 각을 이루는가? 하는 것도 중요한 문제이다. 본 논문에서는 이에 대한 최적조건을 실험적인 방법으로 찾고, 이에 대한 결과를 광학적으로 증명해 보고자 한다.

ABSTRACT

In this paper, we present a vision algorithm and method for input image improvement and preprocessing of dented and raised characters on the sidewall of tires. we define optical condition between reflect coefficient and reflectance by the physical vector calculate. On the contrary this work will recognize the engraved characters using the computer vision technique. Tire input images have all most same grey levels between the characters and backgrounds. The reflectance is little from a tire surface. therefore, it's very

* 국립중앙대학교 전자공학과

접수일자: 2002. 2. 16

difficult segment the characters from the background. Moreover, one side of the character string is raised and the other is dented. So, the captured images are varied with the angle of camera and illumination. For optimum input images, the angle between camera and illumination was found out to be with in 90°. In addition, We used complex filtering with low-pass and high-pass band filters to improve input images, for clear input images. Finally we define equation reflect coefficient and reflectance. By doing this, we obtained good images of tires for pattern recognition.

I. 서 론

현대에는 컴퓨터를 이용한 화상처리 기술이 많은 산업분야에 응용되고 있다. 의료장비나 검사장비, 자동제어장치 등이 그것이다. 이러한 기술은 카메라 또는 스캐너 초음파센서 등을 이용하여 영상을 받아들인 후에 여러 가지 영상처리 필터나 알고리즘을 이용하여 정보를 인식하는 기술이다. 이 분야는 대량의 자료를 자동으로 처리하는 방법을 제공할 뿐만 아니라 비전시스템을 이용해서 물체를 인식하거나, 정밀한 부품의 불량률을 판정하고, 수치를 측정하는 등에 이용되어 왔다. 또한 자동화에 직접적인 영향을 미치고 있으며 지금도 산업 전반에 걸쳐서 연구, 응용되고 있다.¹⁾²⁾ 본 논문은 이러한 영상처리기법 중에서 입력영상을 보다 선명하게 받아들이기 위한 조건을 찾고 그에 대한 광학적 근거를 제시하기 위한 논문이다. 본 논문의 응용은 타이어를 생산하는 라인에서 타이어에 각인되어 있는 문자를 인식하고 상위 컴퓨터인 호스트 컴퓨터에 자료를 전송함으로써 불류를 관리하고, 다음 공정인 전수 검사공정에서 각 타이어에 맞는 휠을 끼우기 위한 작업을 위한 것이다. 여기에서 가장 중요한 것은 어떠한 필터링 기법이나 전처리 과정이 아니라 일단은 양질의 입력영상을 획득하는 것에 중점을 두어야 한다는 것이다. 따라서 좋은 입력 영상을 받아들일 수 있는 환경을 만들어 주어야 한다. 이에 필요한 광원과 카메라와 피사체의 각도에 중점을 두었다. 물체 표면에서의 빛의 반사율은 그 표면에 입사하는 빛의 편광방향과 입사광의 입사각, 그리고 공기와 물체의 상대 굴절율에 따라 달라진다. 여기에서 주목할 것은 타이어 표면은 빛의 반사율은 매우 낮지만 굴절율은 다른 물질과 별반 차이가 없다는 사실에 주목해야 한다. 따라서 이에 관한 논제를 전개하고자 한다.

II. 입력영상 개선방안

1. 타이어 문자정보

인식할 타이어 영상의 문자열은 그림 1.1과 같다. 앞의 문자 DOT는 미 교통성 심볼을 나타내는 부분이고 두 번째 부분 T7은 생산공장을 나타내는 코드이다. 그리고 C9(a), CV(b)는 타이어의 크기를 나타내는 코드이고 그 다음의 HO(a), E5(b)는 타이어의 패턴을 나타내는 정보이다. 그리고 H는 타이어를 생산하는 생산회사의 첫 머릿글자를 나타낸다. 그리고 마지막의 176은 타이어가 생산되는 주(17째주)와 제조연도 (1996)를 표시한다.

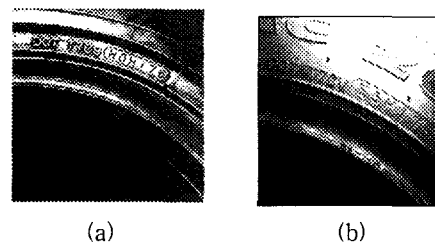


그림. 1.1 타이어에서 찾을 문자열
Fig. 1.1 The tire images with the found string

위의 영상에 새겨져 있는 문자 중에서 가장 중요한 부분은 두 번째 부분 C9(a), CV(b)를 인식하는 것이다. 이것은 타이어의 검사 과정에서 생산된 각 타이어에 대해 전수검사를 하기 위해 필요한 코드이기 때문이다. 이러한 CC코드에 의해 분류된 타이어는 크기에 맞는 휠을 끼우는 작업을 해야 하므로 정확한 인식이 이루어지지 않는다면 타이어 파손의 우려가 있다.

2. 시스템 구성

본 연구에 사용한 시스템 환경은 다음과 같다.

- * 컴퓨터 : IBM-PC pentiumII 266MHz
- * 조 명 : 3파장 형광램프(Osram) 1EA,
할로겐 램프 4EA
- * Camera : 해상도 768(H) × 494(V)
(Pulnix TM-7CN)
- * Image Grabber : 해상도640(H) × 512(V)
(Meteor)
- * 렌즈 : f = 12mm (Cosmicar)
- * 삼각대, 영상 취득장치, 회전판

3. 타이어 배경 특성과 조명조건

3.1 양각문자

양각문자는 타이어의 표면에 돌출된 문자로서 음각으로 이루어진 문자보다 훨씬 쉽게 배경과 문자가 분리된다. 즉, 조명이 조사되는 반대 방향에 돌출된 문자에 의한 그림자가 생성되기 때문이다. 그러나 돌출된 문자에 의해서 그림자가 생기지 않는 부분이 존재할 때에는 문자영상의 일부분이 사라지는 단점을 가지고 있다. 문자열이 존재하는 영역에 직접 조명을 투사하는 것도 중요하지만 간접 조명을 병용하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 간접조명을 이용하면 문자열에 전달되는 빛이 고르게 분산되기 때문이다.

3.2 음각문자

음각의 경우에는 최대한 빛이 함몰 부위에 흡수되어서 그 부분이 검게 보이게 함으로써 표면과 문자가 존재하는 부분이 완전히 구별되어질 수 있는 것이다. 음각의 경우는 의외로 쉽게 음영이 지도도록 유도할 수 있지만 양각의 조명조건과 조합을 이루려면 신중해야 한다.

4. 영상획득 시스템 구성

4.1 광원의 선택

본 논문에서는 입사광원을 할로겐 램프와 삼파장 램프를 동시에 사용하였다. 구성된 시스템에서 상단 사각에 각각 1개씩 4개의 할로겐 광원을 설치하였다. 이것은 자연광에서의 조건과 유사하도록 하게 함이며, 차광막 내부의 조명이 어느 각도에서나 고르게 분산되도록 하기 위함이다. 그리고 차광막 안에 문자열이 존재하는 지역에 음영을 주기 위해서 삼파장 램프 1개를 설치하였다.

4.2 영상획득 시스템 구성

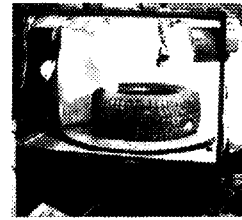


그림 4.1 타이어의 영상을 취득하기 위한 장치
Fig. 4.1 The setup for acquiring images of tires

그림 4.1에서 보여진 것과 같이 회전할 수 있는 원반 위에 타이어를 올려놓는다. 아래쪽에는 스테핑 모터가 있어서 회전을 하도록 장치를 하여야만 자동화 공정에 도입할 수 있다. 그리고 원반의 중심과 타이어의 중심을 일치시켜서 위치한다. 이후에 원반이 천천히 회전을 하면서 문자열이 있는 지점을 탐색하게 된다. 앞에서 제안한 대로 탐색하는 문자열의 명암도의 차이가 큰 영역을 문자열이 존재하는 후보 지역으로 정하고 문자열 후보지역이 정해지면 그 지역의 영상을 획득한다.

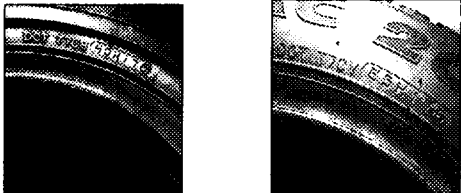
4.3 반사특성

문자 표면은 specular 방향($\alpha=0, \theta_i=\theta_r$)에서 바탕면의 밝기 값과 비교하여 가장 큰 밝기차를 나타내며 $\alpha \neq 0, \theta_i \neq \theta_r$ 인 방향에서는 바탕면의 밝기 값과 비교하여 밝기 차는 점차 감소된다. 따라서 양각부와 그 바탕면의 밝기차에 의하여 각인된 정보의 특징을 추출하기 위해서는 광원과 타이어 정보를 나타내는 문자열과 카메라가 동일 평면상($\theta_r=0$)에 위치하여 specular성분을 검출하여야 한다. 그림 4.1과 같이 광원의 각도와 카메라의 각도는 양각부 표면의 법선 방향을 중심으로 좌, 우 같은 각도 즉, $\alpha=0, \theta_i=\theta_r$ 로 일치시킬 때 양각부와 그 배경의 밝기 값이 가장 큰 차이를 나타내는 최적의 조명 조건이다. 회전축과 타이어의 중심축을 일치시키고 문자열을 기준으로 광원의 입사각 즉, 삼파장 램프의 입사각을 45° 로 고정시켰다. 그리고 카메라의 각도를 45° 에서 $+$, $-$ 방향으로 조금씩 변화를 주면서 입력 영상의 변화를 관찰하였다.

5. 입력영상 개선을 위한 영상처리 기법

5.1. 원 영상 획득

앞에서 제시한 방법으로 원 영상을 획득하였다. 획득된 영상을 그림 5.1에서 보였다.



Original image1 (a) Original image2 (b)

그림 5.1 개선된 입력 원 영상1, 2
Fig. 5.1 The improved input image

5.2. Low-pass와 High-pass 복합filtering

일반적으로 Low-pass filtering을 하면 blurring 되는 효과를 가져오므로써, 잡음에 대한 영향을 덜 받으나 영상이 흐려지는 단점이 있다. High-pass filtering을 하면 윤곽을 강하게 드러내지만 잡음에 민감한 단점이 있다. 공간영역의 filter는 3×3mask를 이용한 smoothing (low-pass filter)과 sharpening(high-pass filter)이 있다. 본 논문에서는 공간 filtering을 이용하였다. 이렇게 filtering된 영상을 그림5.2에 나타내었다



(a) (b)

그림 5.2 필터링을 거친 입력영상
Fig. 5.2 The filtered input image

그림 5.3의 저대역 통과 필터는 중앙 화소를 4라고 하면 그에 수평, 수직으로 인접한 화소는 그 절반인 2의 값을 부여하고 대각선 방향으로 인접한 4개의 화소에는 25%에 해당하는 1의 weight를 부여하는 것으로써 주변의 화소값을 변화 시켜서 blurring효과를 주므로써 잡음을 제거하였다. 그림 5.4의 고대역 통과 필터는 모서리 검출을 위한 것으로 많이 응용되나 여기서는 모서리 검출을 위한 연산자를 별도로 사용했으므로 입

력영상 개선을 위한 대역통과 필터의 역할로 사용했다. 고대역 통과필터 역시 3×3 마스크를 이용하였는데, 이것은 중앙 화소의 weight를 9라고 하면 그 이웃한 화소는 수평, 수직, 대각선 등의 모든 화소의 weight를 -1로 하였다.

1	2	1
2	4	2
1	2	1

그림 5.3 저대역 통과 필터의 화소값
Fig. 5.3 The pixel weight of low pass filter

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

그림 5.4 고대역 통과 필터의 화소값
Fig. 5.4 The pixel weight of high pass filter

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

그림 5.5 Prewitt 연산자의 화소값
Fig. 5.5 The pixel weight of Prewitt operator

5.3. Prewitt연산자를 이용한 모서리검출

1차 도함수법의 모서리검출 방법으로써 모서리 점에서의 농담의 급격한 변화를 검출하는 방법이다. 3×3 mask를 이용하여 모서리를 검출하였다. 자기중심 화소에 가중치를 부여하므로 평균평화 기능을 가지며, 잡음에 비교적 강하다^{[2]19/20)}. 그림 5.5에 주어진 것과 같이 weight를 주어서 모서리를 검출하였으며 필요한 정보만을 추출하기 위하여 경계치를 설정하였다. 결과 영상을 그림 5.6에 나타내었다.

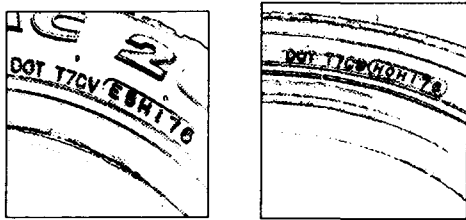


(a) (b)

그림 5.6 경계 검출된 영상들
Fig. 5.6 Edge detected images

5.4 이진 영상의 변환

이치화 시킨 영상을 NOR 논리 즉, “둘 다 거짓일 때만 참이고, 그것을 제외한 나머지는 모두 거짓이다” 라는 산술논리를 이용한 것이다. 다시 말하자면, 자기 자신의 화소의 값과 인접화소와의 대비에서 둘 다 0이면 흰색으로 나타나고, 그 나머지는 모두 검정색이 되는 것이다. 전환된 이미지를 그림 5.7에 나타내었다



(a) (b)
 그림 5.7 NOR함수에 의해 전환된 영상들
 Fig. 5.7 Converted images by NOR function

III. 광학적 고찰

1. 광학이론에 의한 근거

물체 표면에서의 빛의 반사율은 그 표면에 입사하는 빛의 편광방향과 입사각의 입사각, 그리고 공기와 물체의 상대 굴절률에 따라 달라진다. 두 가지 편광 방향을 가진 빛이 물체에 입사될 때 그 반사율과 투과율, 그리고 반사각도와 투과각도를 살펴보자. 반사면에 평행하게 전기장이 진동하는 빛에 대해서 보면, 전기장 E가 입사면에 수직하고 자기장 B가 평행하다고 가정할 수 있다. 따라서 $K \hat{k} \times E = \omega B$ 되고 이 식은 다시 $K = \frac{\omega}{v}$ 에서 식(5-1)로 놓을 수 있다.

$$\hat{k} \times E = vB \tag{5-1}$$

2. 전기장이 경계면에 평행하고 입사면에 수직인 파

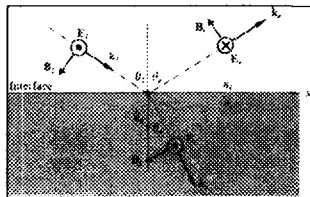


그림 6.1 전자 횡파의 진행방향
 Fig. 6.1 Transverse electric wave (TE)

이때, I 매질의 굴절률이 II 매질의 굴절률 보다 작다면 반사파의 Er과 Br의 위상은 180도 달라진다. 위에서 전자기파의 경계조건을 적용하면, 경계면에 평행하고 입사면에 수직성분의 전기장 크기는 I영역과 II영역에서 같아야 하며, I영역에서 E의 평행성분의 합은 II영역에서 E의 평행 성분의 합과 같아야 한다. 따라서,

$$E_i - E_r = E_t \tag{5-2}$$

$$B_i \cos \theta_i + B_r \cos \theta_r = B_t \cos \theta_t \tag{5-3}$$

$$B = E/v \text{ 이고, } v_i = v_r \rightarrow v, \theta_i = \theta_r \rightarrow \theta \text{ 라 두면 (5-3)}$$

$$\text{식은 } \frac{E_i}{v} \cos \theta + \frac{E_r}{v} \cos \theta = \frac{E_t}{v_t} \cos \phi \tag{5-4}$$

로 바뀐다. (5-2)와 (5-4)식에서 Er를 소거하면,

$$\frac{E_i}{v} \cos \theta + \frac{E_r}{v} \cos \theta = (E - E_r) \frac{\cos \phi}{v_t} \text{ 가 되고 반}$$

사계수 $r_{TE} \equiv E_r/E_i$ 로 정의하면

$$r_{TE} = \frac{E_r}{E_i} = - \left(\frac{\frac{\cos \theta}{v} - \frac{\cos \phi}{v_t}}{\frac{\cos \theta}{v} + \frac{\cos \phi}{v_t}} \right) = - \left(\frac{\cos \theta - \frac{v}{v_t} \cos \phi}{\cos \theta + \frac{v}{v_t} \cos \phi} \right) = - \left(\frac{\cos \theta - n \cos \phi}{\cos \theta + n \cos \phi} \right) \because n = v/v_t$$

$r_{TE} = - \left(\frac{\cos \theta - n \sqrt{1 - \sin^2 \phi}}{\cos \theta + n \sqrt{1 - \sin^2 \phi}} \right)$ 로 바꿔 쓸 수 있고, 이 식은 다시 Snell의 법칙에서 $\sin \theta / \sin \phi = n$, $\sin \phi = \sin \theta / n$ 을 위 식에 적용하면 굴절률과 입사각에 따른 반사계수는 다음과 같다.

$$r_{TE} = - \left(\frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) \tag{5-5}$$

3. 자기장이 경계면에 평행하고 입사면에 수직인 파

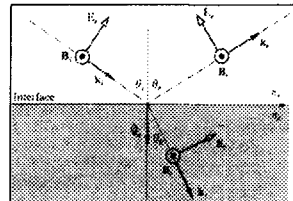


그림 6.2 자기 횡파의 진행방향
 Fig. 6.2 Transverse magnetic wave (TM)

그림 6.2처럼 TM 파에 대해서는 반사파의 위상이

어떻게 될 것인가? 하는 문제는 한마디로 정의 할 수 없다. 이때는 입사각에 따라 위상이 바뀔 수도 있고 바뀌지 않을 수도 있기 때문에 일단 위상변화를 고려하지 않고 문제를 생각 해보면 앞에서 사용된 경계조건이 그대로 적용되기 때문에 아래와 같은 관계를 찾을 수 있다.

$$B_i + B_r = B_t \quad (5-6)$$

$$E_i \cos \theta - E_r \cos \theta = E_t \cos \phi \quad (5-7)$$

$$B = E/v \text{에서 식 (5-6)은 다시 } \frac{E_i}{v} + \frac{E_r}{v} = \frac{E_t}{v_t} \text{ 이}$$

되고 이것은 다음의 $\frac{v_t}{v} E_i + \frac{v_t}{v} E_r = E_t$ 로 표현할 수 있으며 이것은 다시 식 (5-8)의 형태로 고쳐 쓸 수 있다.

$$\frac{1}{n} E_i + \frac{1}{n} E_r = E_t \quad (5-8)$$

식(5-7), (5-8)에서 E_t 를 소거하면,

$E_i \cos \theta - E_r \cos \theta = (\frac{1}{n} E_i + \frac{1}{n} E_r) \cos \phi$ 이 되므로 여기에서 TM파의 반사계수를 $r_{TM} \equiv E_r/E_i$ 로 정의하면 식(5-9)가 된다

$$r_{TM} = \left(\frac{\cos \theta - \frac{1}{n} \cos \phi}{\cos \theta + \frac{1}{n} \cos \phi} \right) = \left(\frac{\cos \theta - \frac{1}{n} \sqrt{1 - \sin^2 \phi}}{\cos \theta + \frac{1}{n} \sqrt{1 - \sin^2 \phi}} \right)$$

(5-9)식(5-9)를 snell의 법칙에서 따라서 $\sin \phi = \sin \theta/n$ 을 대입하면 TM 파에서 굴절률과 입사각에 따른 반사계수는

$$r_{TM} = \left(\frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) \quad (5-10)$$

식(5-9)에 $n = \sin \theta / \sin \phi$ 를 대입하면

$$r_{TM} = \left(\frac{\sin \theta \cos \theta - \sin \phi \cos \phi}{\sin \theta \cos \theta + \sin \phi \cos \phi} \right) \quad (5-11)$$

식 (5-11)에서 분자의 부호가 (+)이면 입사파와 반사파의 위상이 동일하고, (-)이면 입사파와 반사파의 위상이 반대가 된다. (5-11)식의 부호를 결정하기 위하여 삼각함수 공식을 이용한다.

$$\sin(\theta - \phi) = \sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi$$

$$\cos(\theta + \phi) = \cos \theta \cos \phi - \sin \theta \sin \phi \text{ 을 이용하면,}$$

분자 $\sin \theta \cos \theta - \sin \phi \cos \phi$ 는 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi)$ 이므로 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi) > 0$ 이 되면 입사파와 반사파가 동위상을 가지고, 이와는 반대로

$$\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi) < 0 \text{ 이 되면 입사파와 반사}$$

파가 역위상을 가지게 된다. 우리가 취급하는 영상취득의 대상이 되는 물체는 그 굴절률이 공기의 굴절률보다 크다고 보기 때문에 $\theta > \phi$ 로 볼 수 있고, 따라서 $\sin(\theta - \phi) > 0$ 이므로 $(\theta + \phi) > 90^\circ$ 이면 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi) > 0$ 되어 동위상 $(\theta + \phi) < 90^\circ$ 이면 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi) < 0$ 되므로 위상이 달라짐을 알 수 있다.

또한, $(\theta + \phi) = 90^\circ$ 일 때 $\cos(90^\circ) = 0$ 이므로 $r_{TM} = 0$ 이 되는 것을 알 수 있다. 이때의 입사각을 θ_b 라고 하고 이것을 TM 편광에 대한 반사율이 0이 되는 임계각이라 하자. 그러면 식 (5-10)에서 반사율이 0가 되기 위해서는 분자가 0가 된다.

$$r_{TE} = - \left(\frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) = 0$$

$\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} = 0$ 이 되고, 이것을 정리하면 다음과 같은 θ_b 의 결과를 얻을 수 있다.

$$\theta_b = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\sqrt{n^2 + 1}} \right)$$

$\theta_b =$ TM 편광파의 반사가 0가 되는 입사각.

마지막으로 영상취득에 있어서 결국 CCD 카메라를 통해서 취득되는 영상신호는 광파의 에너지에 비례하기 때문에 반사계수보다 반사율에 의존하게 된다. 광파의 에너지는 진폭의 제곱에 비례하기 때문에 반사율도 또한 반사계수의 제곱에 비례하는 값을 가진다. 따라서, TE 파와 TM 파의 반사계수와 반사율을 각각 $r_{TE}, r_{TM}, R_{TE}, R_{TM}$ 이라 하면 아래와 같이 주어진다.

$$r_{TE} = - \left(\frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) \quad (5-12)$$

r_{TE} : TE 파의 반사계수

$$r_{TM} = \left(\frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) \quad (5-13)$$

r_{TM} : TM 파의 반사계수

$$R_{TE} \equiv |r_{TE}|^2 = \left[\frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right]^2 \quad (5-14)$$

R_{TE} : TE파의 반사율

$$R_{TM} \equiv |r_{TM}|^2 = \left[\frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right]^2 \quad (5-15)$$

R_{TM} : TM파의 반사율

타이어를 이루는 물질은 어떻게 보면 빛을 흡수하기 위한 조건만을 갖추고 있는 것처럼 보이지만 실제로 타이어 표면은 나름대로의 굴절율과 반사율을 가진 물질이다. 종류에 따라서는 굴절율이 0.5인 경우도 있고 1~1.2의 굴절율을 가지는 경우도 있다.

IV. 실험 방법 및 결과

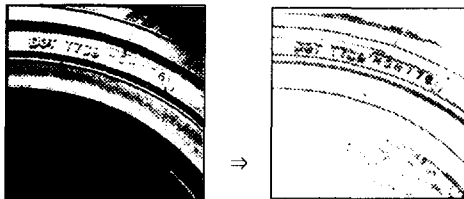
1. 실험방법

1. 회전판 위에 타이어를 고정시킨다. 이 때 타이어의 중심과 회전판의 중심이 일치해야 한다.
2. 입력광원의 각도는 타이어의 문자열과 45°각도를 이루도록 해야 한다.
3. 카메라를 광원의 반대 방향에 위치시키고 각도를 30°~55°까지 5°씩 변화시키면서 입력영상을 취득하도록 한다.
4. 취득한 입력영상에서 잡음성분을 제거하기 위하여 filtering 시킨 다음 윤곽을 추출한다.
5. 윤곽이 추출된 영상을 이진화시킨다.
6. 이진화시킨 영상을 반전시킨다.

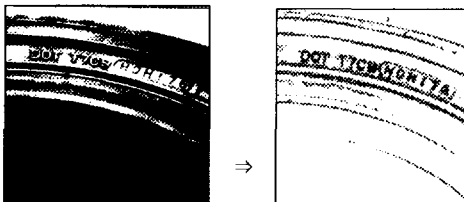
2. 실험 결과

카메라의 각도 변화에 따른 입력 영상을 비교하기 위하여 30°에서 55°까지 5°씩 각도 변화에 따른 영상의 결과를 아래 그림 7.1에 보였다. 중간에 거치는 filtering이나 모서리 검출 2진화 과정 등을 모두 생략하고 결과적으로 최종 반전 이미지만을 보였다.

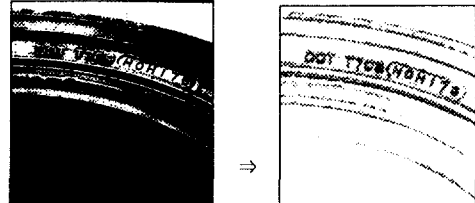
카메라의 각도가 문자열이 있는 평면에 30°일 때



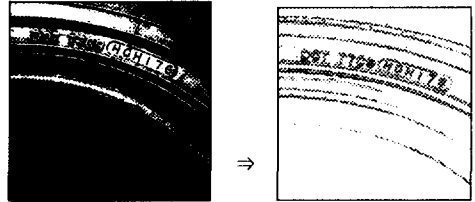
카메라의 각도가 문자열이 있는 평면에 35°일 때



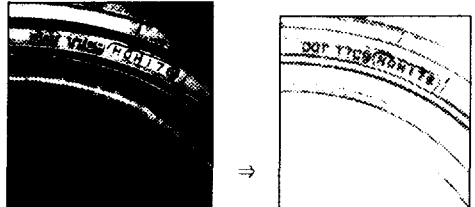
카메라의 각도가 문자열이 있는 평면에 40°일 때



카메라의 각도가 문자열이 있는 평면에 45°일 때



카메라의 각도가 문자열이 있는 평면에 50°일 때



카메라의 각도가 문자열이 있는 평면에 55°일 때

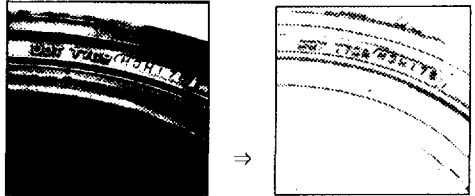
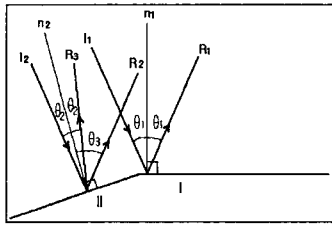


그림 7.1 카메라의 각도 변화에 따른 입력 영상들
Fig 7.1 The input images according to the angle variation of camera angle

V. 결론

타이어는 문자가 존재하는 영역과 배경 물질이 같은 그레이 레벨을 가지며 빛을 흡수하는 물질이므로 조명 조건에 영향을 많이 받는다. 조명조건은 카메라의 각도와 문자열의 음영을 결정짓는 광원과의 각도가 90°를 이루어야 한다. 즉, 타이어의 문자열이 존재하는 평면에 45°각도에서 입사광이 있다면 그 반대면에 45°±5°의 위치에 카메라가 위치하고 있을 때 가장 좋은 영상을 획득할 수 있었다. 그에 대한 광학적

인 근거로서는 아래 그림에서 나타낸 것과 같이 반사면 I와 II에 대해 TM편광된 빛이 I1과 I2의 방향으로 입사된다고 할 때 θ_1 을 TM파의 반사면에 대한 입계각이라 하고 영상 취득용 CCD 카메라는 R_1 방향의 연장선에 있다고 가정하면 I에서는 경계면에서의 빛의 반사조건을 만족하는 TM파의 강도는 0가 되고 입사파에 의해 산란된 빛만 CCD 카메라에 영상이 취득된다.



반면 II에 의해 반사된 빛은 θ_2 가 면 II에 대한 입사파의 입계각이 아니기 때문에 R_3 방향으로의 TM파는 존재하게 되고 아울러 이 반사파의 산란으로 인하여 R_2 방향성분의 빛이 CCD 카메라에 도달하고 I과 마찬가지로 입사파에 의해 산란된 빛도 또한 CCD 카메라에 영상이 취득된다. 따라서, I과 II에 의해 취득된 CCD의 영상은 각각 그 강도가 다르므로 면 I과 면 II를 구분 할 수 있다. 만약 면 I과 면 II의 방향이 같고 서로 다른 물질로 이루어져 있다면 우리는 TM파의 반사에서 입계각이 물질의 종류에 따라 다르므로 면 I의 물질에 대한 입계각 조건으로 TM 파를 입사시키면 면 I에 의한 반사는 없고 면 II에 대한 반사만 존재하게 되어 각각 면을 구별 할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Yuichi TOGASHI and Hideaki YAMAGUCHI, "stable position Measurement of a Moving Air plane by Adaptive camera control". MVA'94 IAPR workshop on Machine Vision Application DEC. '94

[2] Yi wong, nagaraaj nandhakmar and N. Martin, "Validation of personalized information in production - line mailing "SPIE, vol.2423, pp.344-355

[3] 김정민, 박중조, 박귀태, "퍼지 α 컷집합에 의한 고무타이어 영상의 문자 윤곽선 추출", 전자 공학회 논문집 제31권 B편 제6호, pp71-79, 1994

[4] 김대현, 정종면, 문영식, 박성환, "다층 조명을 이용한 납땜검사 계기법에 관한 연구", 대한 전자공학회 하계학술대회 논문집 제18권 제1호 pp1002-1006, 1995

[5] A.perez and C. gonzalez, "an iterative Thres-holding Algorithm for Image segmentation" IEEE vol. PaMI-9, NO.6, 1987

[6] 심명식, 박성환, "열악한 조명환경의 명암도 영상에서 예지정보를 이용한 문턱치 결정 알고리즘", 대한 전자공학회 하계학술대회 논문집 제18권 제1호,

[7] C.Gonzalez and R.Woods, "Digital Image Processing", Addition Wesley, pp.161~247, 1992

[8] 김인권, 강민석, 함영국, 정홍규, 박래홍, "고무타이어 자동분류를 위한 돌출문자 인식", 제5회 신호처리 합동학술 대회 논문집 제5권 1호, pp.626-629, 1992

[9] 정태영, 류한성, 탁영봉 "음, 양각의 타이어 문자 인식을 위한 영상 전처리" 대한 전자공학회지 19권 2호 96

[10] 권인소, 하종은, 이재용 "표면의 반사특성을 이용한 타이어 정보 마크의 추출" 대한 전자공학회지 96

[11] S.K.Nayar, K.I.Ikeuchi, T.Kanade, "Surface Reflection :Physical and Geometrical Perspectives", Proc. of Image Understanding workshop, Sep.1990

[12] 류한성 "타이어 음, 양각 문자 인식을 위한 입력 영상 개선 및 전처리에 관한 연구" 학위 논문. 1998

저자소개



류한성(Han-Seong Ryu)
경상대학교 전자재료공학과 공학사
경상대학교 대학원 전자재료공학과 전
자소자 및 컴퓨터비전 전공 공학석사
창원대학교 대학원 전자공학과 영상제
어 전공 공학박사 수료

거창전문대학 컴퓨터응용전자과 겸임 전임강사 역임
(주)동양ENG 연구소장, (주)화이트스쿨 기술고문
※관심분야: 영상처리, 영상 하드웨어시스템, 위성통신



최중경(Jung-Keying Choi)

고려대학교 전기공학과 공학사
고려대학교 대학원 전기공학과 공학
석사
고려대학교 대학원 디지털제어전공
공학박사

現, 창원대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 서보기기제어, 자동동조제어, 마이크로프로
세서응용, 영상제어



권정혁(Jeong-hHeck Kwon)

영남대학교 전자공학과 공학사
창원대학교 대학원 전자공학과 공학석사
창원대학교 대학원 전자공학과
제어전공 공학박사 수료

現(주)삼성테크윈 파워시스템연구소 기술개발팀 대리

※관심분야: 모터드라이버 & control



구본민(Bon-Min Koo)

창원대학교 전자공학과 공학사
창원대학교 대학원 전자공학과 공학석사
창원대학교 대학원 전자공학과 디지털
제어전공 공학박사 과정

진주전문대학 컴퓨터전자과 겸임 전임강사

※관심분야: DSP보드설계, 이동로봇제어



박무열(Moo-Yurl Park)

창원대학교 전자공학과 공학사
창원대학교 대학원 전자공학과 공학석사
창원대학교 대학원 전자공학과 디지털
제어전공 공학박사 과정

※관심분야: 영상시스템제어, 영상로봇제어