

타이어 음,양각 문자의 입력영상 개선을 위한 전처리와 광학조건에 관한 연구

류한성, 최중경, 구본민, 박무열, *윤경섭
창원대학교 전자공학과, *거창전문대학 컴퓨터응용전자과
전화 : 055-283-6353 / 핸드폰 : 017-585-9533

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

HanSeong Ryu, Jungkeying Choi, Bonmin Koo, Mooyurl Park, *Kyungsup Youn
Dept. of Electronic Engineering, Changwon Nat'l University, *Keochang college
E-mail : profryu@hanmail.net

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 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. 서론

본 논문은 이러한 영상처리기법 중에서 입력영상을 보다 선명하게 받아들이기 위한 조건을 광학적으로 증명하기 위한 논문이다. 본 논문은 타이어를 생산하는 라인에서 타이어에 각인되어 있는 문자를 인식하고 상위 컴퓨터인 호스트 컴퓨터에 자료를 전송함으로써 물류를 관리하고, 다음 공정인 전수 검사공정에서 각 타이어에 맞는 휠을 끼우기 위한 작업을 위한 것이다. 이러한 시스템을 위해서는 보다 나은 양질의 입력영상을 획득해야

만 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.

II. 입력영상 개선방안

1. 타이어 문자정보

인식할 타이어 영상의 문자열은 그림 1.1과 같다. 앞의 문자 DOT는 미교통성 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.

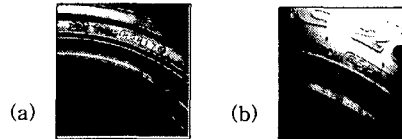


Fig. 1.1 The tire images with the found string 위의 영상에 새겨져 있는 문자중에서 가장 중요한 부분은 두 번째 부분의 C9(a),CV(b)를 인식하는 것이다. 이것은 타이어의 검사 과정에서 생산된 각 타이어에 대해 전수검사를 하기 위해 필요한 코드이기 때문이다. 이러한 CC코드에 의해 분류된 타이어는 크기에 맞는 휠을 끼우는 작업을 해야 하므로 정확한 인식이 이루어지지 않는다면 타이어 파손의 우려가 있다.

2. 시스템 구성

본 연구를 위해 사용한 시스템 환경은 다음과 같다.

- * 컴퓨터 : IBM-PC pentium II 266MHz
- * 조명 : 3과장 형광램프(Osram) 1EA,
- * Camera : 해상도 768(H) X 494(V)(Pulnix TM-7CN)
- * Image Grabber : 해상도 640(H) X 512(V) (Meteor)
- * 렌즈 : $f = 12\text{mm}$ (Cosmicar)
- * 삼각대

3. 타이어 배경 특성과 조명조건

3.1 양각문자

양각문자는 타이어의 표면에 돌출된 문자로써 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. 그러므로 정보손실을 최소화하기 위해서 조명과 카메라의 각도가 중요하다. 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 겹게 보이게 함으로써 표면과 문자가 존재하는 부분이 완전히 구별되어질 수 있는 것이다. 음각의 경우는 의외로 쉽게 음영이 지도록 유도할 수 있지만 양각의 조명조건과 조합을 이루려면 신중해야 한다.

4. 영상획득 시스템 구성

4.1 광원의 선택

본 논문에서는 입사광원을 할로겐 램프와 삼과장 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 문자열이 존재하는 지역의 차광막 내부에 삼과장 램프 1개를 설치하였다. 삼과장 램프를 별도로 설치한 것은 문자열 지역에 음영을 주기 위함이다.

4.2 영상획득 시스템 구성



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 각인 된 정보의 특징을 추출하기 위해서는 광원과 타이어 정보를 나타내는 문자열과 카메라가 동일 평면상($\phi_r=0$)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, 삼과장 램프의 입사각을 45° 로 고정 시켰다. 그리고 카메라의 각도를 45° 에서 \pm -방향으로 조금씩 변화를 주면서 입력영상의 변화를 관찰하였다. 위의 실험을 통하여 광원과 카메라 사이의 각도가 $90^\circ \pm 10^\circ$ 일 때가 가장 좋은 영상을 획득할 수 있었다. 그림 4.2에 결과를 나타내었다.

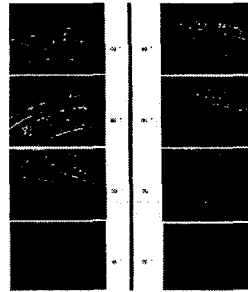


Fig. 4.2 The input images according to the angle variation of camera angle

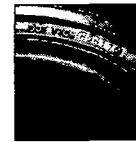
5. 입력영상 개선을 위한 영상처리 기법

5.1. 원 영상 획득

앞에서 제시한 방법으로 원 영상을 획득하였다. 획득한 영상을 그림 5.1에서 보였다. 이때 카메라와 광원이 이루는 사잇각은 90° 로 결정하였다.



Original image1



Original image2

Fig. 5.1 The improved input image

5.2. Low-pass와 High-pass 복합filtering

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

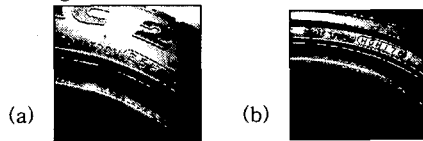


Fig. 5.2 The filtered input image

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 blurring 효과를 주므로 잡음을 제거하였다. 그림 5.4의 고대역 통과 필터는 모서리 검출을 위한 것으로 많이 응용되나 여기서는 모서리 검출을 위한 연산자를 별도로 사용했으므로 입력영상 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. 따라서 중심화소의 밝기 값을 두드러지도록 하였다.

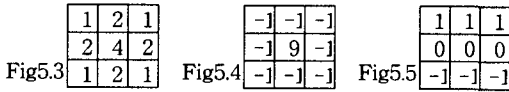


Fig. 5.3 The pixel weight of low pass filter
Fig 5.4 The pixel weight of high pass filter
Fig 5.5 The pixel weight of Prewitt operator

5.3. Prewitt연산자를 이용한 모서리검출
1차 도함수법의 모서리검출 방법으로써 무서리 점에서의 농담의 급격한 변화를 검출하는 방법이다. 3×3 mask를 이용하여 모서리를 검출하였다. 자기중심 화소에 가중치를 부여하므로 평균화 기능을 가지며, 잡음에 비교적 강하다⁽²²⁾⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾. 그림 5.5에 주어진 것과 같이 weight를 주어서 모서리를 검출하였으며 필요한 정보만을 추출하기 위하여 경계치를 설정하였다. 이와같이 처리한 영상을 그림 5.6에 나타내었다.

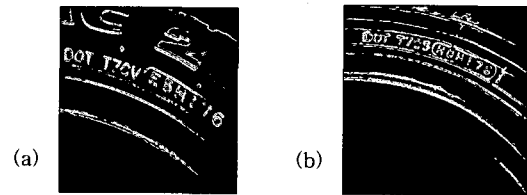


Fig 5.6 Edge detected images

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, 자기자신의 화소의 값과 인접화소와의 대비에서 둘 다 0이면 흰색으로 나타나고, 그 나머지는 모두 검정색이 되는 것이다. 전환된 이미지를 그림 5.7에 나타내었다

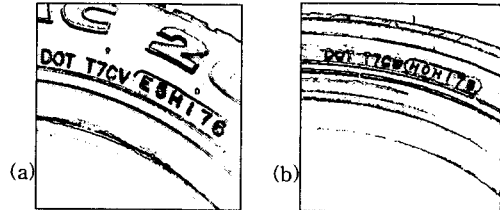


Fig. 5.7 Converted images by NOR function

III. 광학적 고찰

1. 광학조건에 관한 증명

공간을 전파하는 빛에 대한 맥스웰 방정식

$$\nabla \times E = -\mu \frac{\partial B}{\partial t} \quad \nabla \times B = \mu \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot E = 0, \quad \nabla \cdot B = 0, \quad \nabla \equiv i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$$

$$E \equiv E_0 \text{EXP } i(K \cdot r - \omega t), \quad B \equiv B_0 \text{EXP } i(K \cdot r - \omega t)$$

로 정의하면 위의 Maxwell 방정식의 첫 번째 식은 $\frac{\partial}{\partial t} \rightarrow -i\omega$, $\nabla \rightarrow iK$ 로 놓을 수 있으며, 따라서 $K \hat{k} \times E = \omega B$ 되고 이 식은 다시 $K = \frac{\omega}{v}$ 에서 $\hat{k} \times E = vB$ (1) 로 놓을 수 있다. 여기에서 전기장이 경계면에 평행하고 입사면에 수직인 경우와 자기장이 경계면에 평행하고 입사면에 수직인파의 경우에 대하여 고찰해 본다.

1.1 전기장이 경계면에 평행하고 입사면에 수직인 파

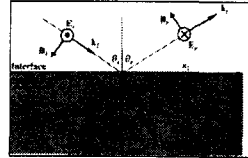


Fig 6.1 Transverse electric wave (TE)

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

$$E_i - E_r = E_t \quad B_i \cos \theta_i + B_r \cos \theta_r = B_t \cos \phi \quad (3)$$

$$B = E/v \text{ 이고, } v_i = v_r \rightarrow v \quad \theta_i = \theta_r \rightarrow \theta \text{ 라 두면}$$

$$(3) \text{ 식은 } \frac{E_i}{v} \cos \theta + \frac{E_r}{v} \cos \theta = \frac{E_t}{v_t} \cos \phi \quad (4) \text{ 로 바뀐다.}$$

$$(2) \text{ 와 } (4) \text{ 식에서 } E_r \text{ 를 소거하면, } \frac{E_i}{v} \cos \theta + \frac{E_r}{v} \cos \theta =$$

$$(E - E_r) \frac{\cos \phi}{v_t} \text{ 가 되고 반사계수 } r_{TE} \equiv E_r/E_i \text{ 로 정의하면}$$

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

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

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

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

1.2 자기장이 경계면에 평행하고 입사면에 수직인 파

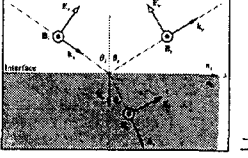


Fig 6.2 Transverse magnetic wave (TM)

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 사

용된 경계조건이 그대로 적용되기 때문에 아래와 같은 관계를 찾을 수 있다.

$$B_i + B_r = B_t \quad (6) \quad E_i \cos \theta - E_r \cos \theta = E_t \cos \phi \quad (7)$$

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

$$\text{이것은 } \rightarrow \frac{v_i}{v} E_i + \frac{v_i}{v} E_r = E_t \rightarrow \frac{1}{n} E_i + \frac{1}{n} E_r = E_t \quad (8)$$

로 쓸 수 있고, (7),(8) 식에서 E_t 를 소거하면,

$$E_i \cos \theta - E_r \cos \theta = \left(\frac{1}{n} E_i + \frac{1}{n} E_r \right) \cos \phi \text{ 이 되므로}$$

여기에서 TM 파의 반사계수 $r_{TM} \equiv E_r/E_i$ 로 정의하면,

$$r_{TM} = \left(\frac{\cos \theta - \frac{1}{n} \cos \phi}{\cos \theta + \frac{1}{n} \cos \phi} \right) = \left(\frac{\cos \theta - \frac{1}{n} \sqrt{1 - \sin^2 \phi}}{\cos \theta + \frac{1}{n} \sqrt{1 - \sin^2 \phi}} \right) \quad (9)$$

이것을 다시 snell의 법칙에서 $\sin \phi = \sin \theta / n$ 대입하면 TM 파에서 굴절률과 입사각에 따른 반사계수는

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

(9) 식에 $n = \sin \theta / \sin \phi$ 를 대입하면

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

식 (11)에서 분자의 부호가 (+)이면 입사파와 반사파의 위상이 동일하고, (-)이면 입사파와 반사파의 위상이 반대다. (11)식의 부호를 결정하기 위하여 삼각함수 공식 $\sin(\theta - \phi) = \sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi$

$\cos(\theta + \phi) = \cos \theta \cos \phi - \sin \theta \sin \phi$ 을 이용하면, 분자 $\sin \theta \cos \theta - \sin \phi \cos \phi$ 는 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi)$ 이므로 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi) > 0$ 면 입사파와 반사파가 동위상 $\sin(\theta - \phi) \cos(\theta + \phi) < 0$ 면 입사파와 반사파가 역위상 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 $\cos(90^\circ) = 0$ 이 되어 $r_{TM} = 0$ 이 됨도 알 수 있다.

이때의 입사각을 θ_p 라 하고 이것을 TM 편광에 대한 반사율이 0 이 되는 임계각이라 하자. 그러면 식 (10)에서 반사율이 0가 되기 위해서는 분자가 0가 되면 된다.

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

이고, 이것을 정리하면

$$\theta_p = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\sqrt{n^2 + 1}} \right) : \text{TM 편광파의 반사가 0가 되는 입사각.}$$

마지막으로 영상취득에 있어서 결국 CCD 카메라를 통해서 취득되는 영상신호는 광파의 에너지에 비례 하기 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.

$$r_{TE} = - \left(\frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) : \text{TE 파의 반사계수(12)}$$

$$r_{TM} = \left(\frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right) : \text{TM 파의 반사계수(13)}$$

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

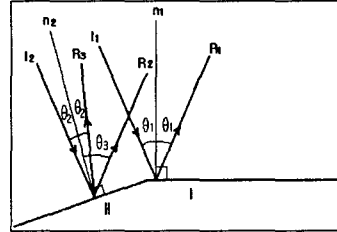
$$R_{TM} \equiv |r_{TM}|^2 = \left[\frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right]^2 : \text{TM파의 반사율(15)}$$

IV. 결론

1. 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.

2. 결론1에 대한 광학적 근거를 수식적으로 증명하였다.

3. 아래 그림에서 반사면 I와 II에 대해 TM편광된 빛이 I_1 과 I_2 의 방향으로 입사된다고 할 때 θ_1 을 TM파의 반사면에 대한 임계각이라 하고 영상 취득용 CCD 카메라는 R_1 방향의 연장선에 있다고 가정하면 I에서는 경계면



에서의 빛의 반사조건을 만족하는 TM 파의 강도는 0가 되고 입사파에 의해 산란된 빛만 CCD 카메라에 영상이 취득된다. 반면 II에 의해 반사된 빛은 θ_2 가

면 II에 대한 입사파의 임계각이 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 면I과 면II를 구분 할 수 있다. 결과적으로 돌출이나 함몰된 부분은 서로 다른 면(각이 다르고 높이가 다른)을 가진다. 따라서 입사광 원과 CCD카메라가 중심축으로부터의 각이 같고 그 크기가 각각 45도 일때가 최적임을 보인다.

V. 참고문헌

1. Yuichi Togashoi and Hideaki Yamaguchi "staple position Measurement of a Moving Air plane by Adaptive camera control". MVA'94 IAPR workshop on Machine Vision Application DEC. 13-15,
2. Yi wong, nagaraaj nandhakmar and N. Martin, "Validation of personalized information in production - line mailing "SPIE, vol.2423, pp.344-355
3. 김인권,강민석,함영국,정홍규,박래홍, "구모타이어 자동 분류를 위한 돌출문자 인식", 제5회 신호처리 합동학술대회 논문집 제 5권 1호, pp.621-629, 1992