

# 전반사 프리즘을 이용한 지문인식용 광학계의 결상분석

## Image analysis of fingerprint identification optical system utilizing total internal reflection prism

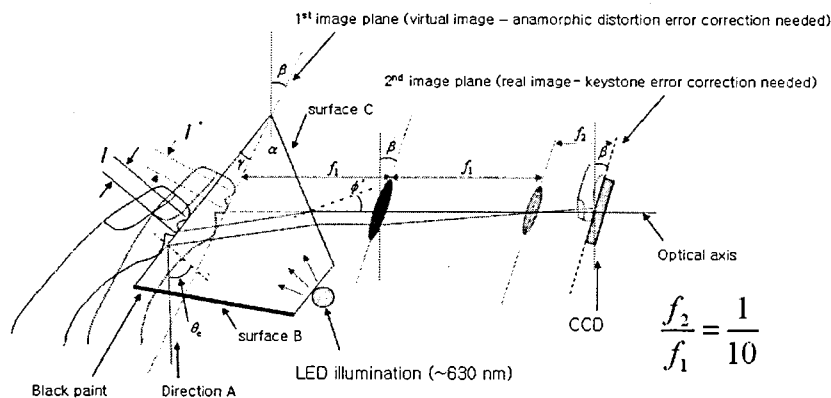
강명훈, 이은성

인제대학교 나노공학부

eslee@inje.ac.kr

오래전부터 인류는 자신들이 소유하거나 혹은 특정한 사람들과 공유하는 유무형의 자산을 보호하기 위해서 보안장치를 필요로 했다. 그리고 이러한 욕구의 결과, 다양한 보안용 장치를 개발하여 사용 중에 있다. 그 중에서 열쇠와 자물쇠가 가장 보편적으로 사용되고 있는 장치이다. 하지만 열쇠와 같은 역할을 하는 보안용키의 대부분은 분실과 복제의 위험이 있어 보다 안전하고 휴대가 용이한 보안용키의 개발 필요성이 요구되었다. 그러한 필요성에 따라 새로운 보안용키 혹은 인증서가 개발되고 있으며, 그 중에서도 생체정보라고 할 수 있는 지문은 다른 보안용키와 인증서와는 달리 따로 휴대할 필요가 없으며 복제가 불가능하다는 장점을 가지고 있다. 그래서 보안성이 절실히 요구되는 상황에서 열쇠와 같은 보안용키 및 인증서 대신에 생체정보인 지문영상을 획득하고 이를 판독할 수 있는 장치가 필요하게 되었고, 전반사 프리즘을 이용한 지문인식용 광학계가 광학적 방법으로서 개발되어 사용되고 있다.

현재 시중에는 많은 지문인식용 장치가 개발 및 판매가 되고 있다. 하지만 이들 제품의 경우 수광부인 CCD면에 결상이 되는 영상이 왜곡이 되어있어 지문영상은 판독하거나 해석하는데 어려움이 있으며, 또한 외부에 노출이 되어 지문이 위치하는 프리즘 면에 물기가 있으면 영상이 맺히지 않는 문제점 등이 있다. 그리고 이러한 문제점 때문에 지문을 이용한 보안장치의 개발에 어려움이 있다.



$\phi'(\alpha)$ ,  $\beta(\alpha)$ ,  $\gamma(\alpha)$  and Anamorphic distortion  $l'/l$  : all functions of  $\alpha$

그림 1 전반사 프리즘을 이용한 지문인식 광학계

이번 연구에서는 1차 기하광학적 관점에서 프리즘을 통해 얻은 지문영상의 왜곡현상을 분석하여 최

적의 이미징을 위한 기하학적 조건을 구해보았다. 그림1은 가장 단순화된 지문인식 광학계를 보여주고 있다. 그림1과 같은 조건에서 LED로 지문에 빛을 비추면, 지문에서 두 종류의 빛이 반사되어 렌즈계를 통하여 CCD 센서면으로 들어 올 수 있다. 들어온 빛 중에 하나는 지문의 융기(ridge)에서 발생한 빛이며 이 빛은 산란반사(scattering reflection) 빛이다. 따라서 이 빛은 광원에서 프리즘으로 들어오는 각도에 상관없이 CCD 센서면에 들어올 수 있는 빛이다. 그리고 다른 하나는 골(valley)부분에서 발생한 거울반사(specular reflection) 빛으로 반사조건을 만족하여 특정한 방향으로만 튀는 빛이다. 따라서 우리는 이 빛이 CCD 센서면에 들어오지 못하게 하기 위해서 A방향으로의 조명을 피하고 B 면에 검정페인트를 칠하였다. 즉, A 방향외에 다른 방향에서 빛을 비추면 Snell의 법칙에 따라 광축과 다른 방향으로 꺾여 CCD 센서면에 도달할 수 없게 된다. 그래서 LED의 위치를 임계각  $\theta_c$  보다 작게 되도록 하였고, 결국 골에서 반사되는 빛이 CCD 센서면에 도달하지 않고 융기부분에서 산란된 빛만이 CCD면에 도달하여 융기와 골의 명암대조가 뚜렷해지는 것이다.

프리즘의 구조와 LED 위치에 의해서 뚜렷하게 대조가 된 빛은 두 단계를 거쳐서 CCD 센서면에 결상하게 된다. 우선 C면에 의해서  $\beta$  각으로 형성된 1차 이미지가 형성이 되며 이것은 축소왜곡(anamorphic distortion)된 이미지이다. 이 이미지는 렌즈를 거쳐서 CCD 센서면에 2차 이미지를 형성하게 되는데, 1차 이미지가 광축에 기울어져 있으므로 최종 결상된 이미지는 키스톤왜곡(keystone distortion)을 갖게 된다. 그림2와 3에 이 두가지 종류의 왜곡을 프리즘 꼭지각의 함수로 분석한 그래프가 나타나 있다.(프리즘 굴절률 1.616 사용) 이러한 왜곡현상은 결국 현재 출시되어 있는 프리즘과 광학계를 이용한 지문인식 광학계에 항상 존재하는 문제로서 정확한 지문인식에 제한을 주게되는 요소이다. 결국 이 문제점으로 인해서 생체정보인 지문을 이용한 보안용 제품의 범용적인 사용을 제한하게 된다.

결국 두 왜곡이 발생하는 가장 큰 이유는 그림1에서 볼 수 있듯이 꼭지각  $\alpha$ 값을 가지고 있는 프리즘을 이용하여 광학계를 만들었기 때문인데, 이러한 두 가지 왜곡 현상에 적절한 허용치를 결정하므로써 지문인식의 성공률을 최대화할 수 있을 것이다.

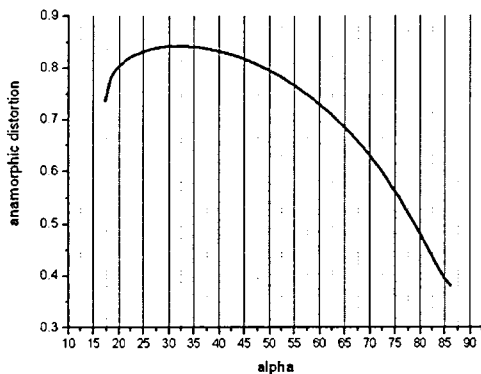


그림 2 alpha 각에 따른 축소왜곡의 정도

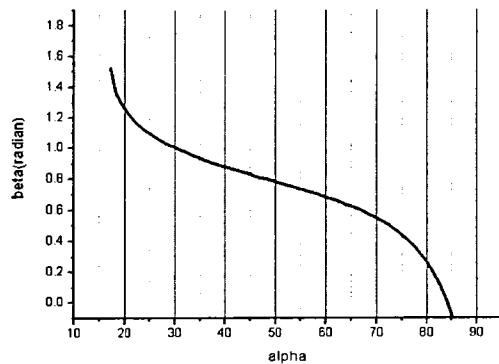


그림 3 alpha 각에 따른 1차이미지의 기운각  $\beta$

“본 논문은 2003년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임”

참고문헌

[1] H. J. Caulfield and D. R. Perkins, "Fingerprint identification apparatus," U.S. patent 3,716,301 (1973)  
 [2] M. Kawagoe and A. Tojo, "Fingerprint pattern classification," Pattern Recognition 17, 295-303(1984).