

# 자동 표면 결함검사 시스템에서 Retro 광학계를 이용한 3D 깊이정보 측정방법

주영복<sup>\*†</sup>

<sup>\*\*</sup>한국기술교육대학교 컴퓨터공학부

## Linear System Depth Detection using Retro Reflector for Automatic Vision Inspection System

Young Bok Joo<sup>\*†</sup>

<sup>\*†</sup>Department of Computer Science & Engineering, Korea University of Technology & Education

### ABSTRACT

Automatic Vision Inspection (AVI) systems automatically detect defect features and measure their sizes via camera vision. It has been populated because of the accuracy and consistency in terms of QC (Quality Control) of inspection processes. Also, it is important to predict the performance of an AVI to meet customer's specification in advance. AVI are usually suffered from false negative and positives. It can be overcome by providing extra information such as 3D depth information. Stereo vision processing has been popular for depth extraction of the 3D images from 2D images. However, stereo vision methods usually take long time to process. In this paper, retro optical system using reflectors is proposed and experimented to overcome the problem. The optical system extracts the depth without special SW processes. The vision sensor and optical components such as illumination and depth detecting module are integrated as a unit. The depth information can be extracted on real-time basis and utilized and can improve the performance of an AVI system.

**Key Words** : Defect, Inspection, Detection, Depth, Retro, Optics

### 1. 서 론

최근 LCD 시장의 호황에 힘입어 영상을 기반으로 하는 자동 표면 검사를 위한 시스템이 활발히 개발되어 왔다. 이 시스템은 그 효용성을 인정받아 LCD, LED 모니터 생산 공정에 이미 널리 상용화되어 있다. 하지만 이 시스템은 보통 주문형으로 설계 제작되므로 그 단가가 비싸다. 그리고 지정된 검출 분야에만 그 기능이 한정되어 그 운용에 있어서 유연성이 떨어진다. 특히 이미지 센서와 결함 검출 프로세싱 부분이 분리되어 있으므로 구조가 복잡하여 설치와 관리에 많은 비용과 손실이 발생한다.

이러한 이유로 자동 결함 검사기 도입이 필요한 다양한 여러 분야에서 대중화가 되어 있지 않다. 일체형 시스템에서는 이미지 센서와 프로세서가 일체형으로 구성되어 있다. 즉 검사 알고리즘을 수행하는 프로세서가 있는 PC를 보드형식으로 소형화하고 이를 카메라 센서부와 직접 연결하여 하나의 모듈로 구성한다. 이러한 소형화 및 일체화를 통해 단가를 줄여 검사 시스템의 보급화 및 대중화를 실현할 수 있다. 그리고 소프트웨어를 범용적으로 구성하여 하나의 시스템으로 여러 가지 검사를 적용할 수 있어서 유연성이 향상된다. 아울러 국내에서는 상용화 되어 있지 않은 통합형 검사를 국산화함으로써 검사기 분야의 핵심 선도 기술로 세계적 기술 경쟁력을 확보할 수 있다. 결함 검사기는 영상 처리 및 분석을 통해 결함

<sup>†</sup>E-mail: ybjoo@koreatech.ac.kr

후보군을 탐색하고 실제 결함인 지 아닌 지 판정을 하는데 광학적 조건, 여러 형태의 잡음 등으로 실제 결함을 놓치는 미검과 결함이 아닌 데 결함으로 판정하는 과검이 발생한다. 미검발생 시 검사 품질이 떨어지며 과검이 발생할 경우 검사 생산성이 하락한다. 그러므로 이러한 미검과 과검을 최소한으로 줄이는 것이 자동 표면결함 검사기의 목표이다. 이를 실현하기 위해서는 결함군의 3차원 깊이 정보 등 추가적인 결함 관련 정보가 필요하다.[1] 기존의 2D 영상에서 3D 깊이 정보의 추출은 일반적으로 스테레오 비전을 이용한다.[2-4] 그러나 스테레오 비전 방식 등은 처리에 시간이 많이 소요되어 사용자의 요구 Tact-Time을 맞추기 어렵다. 본 논문에서는 별도의 소프트웨어 처리없이 광학계만으로 3D 깊이 정보의 추출이 가능하도록 Retro 광학계를 구성하여 2D 이미지에서 3D 깊이 정보를 추출하는 새로운 방법에 대해 제안하고 실험하여 성능을 검증하였다.

## 2. 영상 기반 자동 결함 검사 시스템

Fig. 1은 영상을 기반으로 하는 자동 결함 검출 시스템의 전형적인 블록도를 나타낸 것이다.

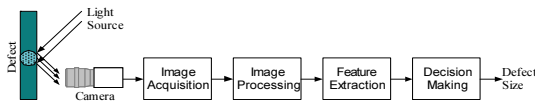


Fig. 1. Block Diagram of AVI.

카메라 CCD 센서를 통해 대상체의 빛은 감지되고 영상센서는 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 저장한다. 저장된 영상은 결함의 유형에 따른 특성에 따라 영상 처리 및 분석 과정을 거쳐 영상 내에서 결함 후보군을 추출한다. 이 과정에서 결함의 영역을 정하고 그 크기 및 Gray 차 등 결함인지 아닌지의 판정에 필요한 여러 가지 유용한 특성들을 추출한다. 이 특성을 기준으로 사용자의 요구사항에 맞추어 실제 결함의 판정이 이루어진다. 이때 결함크기 측정의 정확성 및 반복 재현성은 최종 결함 판정에 지대한 영향을 미친다. 영상을 기반으로 하는 자동결함 검출 시스템의 자세한 내용은 [1,6,7]을 참조한다.

## 3. Schlieren 광학계

Schlieren 광학계는 측정영역의 밀도구배에 따른 굴절률의 변화를 이용하여 측정영역을 통과하는 평행광의 변위 현상을 포착하는 광학계이다.[5] 투과광의 집광부에 구경

(aperture) 혹은 나이프 에지(knife edge)를 설치하여 평행광으로부터 벗어난 광을 차단함으로써 스크린상의 화상에 측정영역의 밀도구배에 기인하는 광의 명암이 얻어진다. 투명, 또는 반사 재질에 있어서 내부 및 외부에 주변보다 다른 상태이거나 3차원적 입체 특성을 갖는 경우 예를 들면 내부 이물, 변형, 굴절률, 밀도, 반사각, 표면형태 등에 변화를 주는 요인들의 경우 광로가 굴절된다. 이때 광원이 모이는 초점 면에 knife edge를 제어하여 광로를 한쪽 방향만 선택하게 한다. 광로 각도 기울기(Gradient)의 변화에 따라 표면이나 내부의 결점이 광량의 세기변화가 민감하게 나타난다. 이를 통칭 schlieren optics라 한다. Fig. 2는 Schlieren 광학계의 구조를 보여준다.

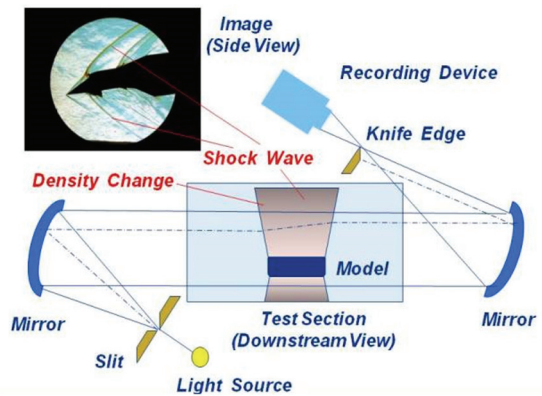


Fig. 2. The structure of Schlieren Optics.

## 4. Retro 광학계

Retro Optics (레트로 광학계)는 기존의 Schlieren Optics를 적용하여 측정 영역의 밀도구배에 따른 굴절률의 변화를 이용하여 측정 영역을 통과하는 평행광의 변위 현상을 포착하는 촬영법으로서 투과광의 집광 부에 나이프 에지(knife edge)를 설치하여 평행 광으로부터 벗어난 광을 차단함으로써 스크린상의 화상에 측정영역의 밀도구배에 기인하는 광의 명암이 획득된다. Fig. 3은 본 논문에서 제안하는 Retro 광학계의 구성을 보여준다. 이 광학계에서 초점거리는 광원까지의 거리가 되며 knife edge를 효과적으로 사용하게 하여 결상 광학계를 영상 획득 요구사항에 따라 다양하게 구성할 수 있다. 일반적으로 투명, 또는 반사 재질에 있어서 내부 및 외부에 주변과는 다른 상태(굴절각 변화는 내부 이물, 변형, 굴절률, 밀도 등의 차이에 의해 발생되며, 반사각 변화는 표면형태 등에 따라 변화)의 경우 광로가 바뀌게 되는데 이때 광원이 모이는 초

접면에 knife edge를 두어 광로를 한쪽 방향만 선택하면 광로 각도 기울기(Gradient)의 변화에 따라 표면이나 내부의 결점이 광량의 세기변화가 민감하게 나타난다. 이러한 기존 광학 이론에 Retro optics(재귀반사) 개념을 추가하여 더욱 선명하고 검사에 유리한 영상을 획득할 수 있는 광학계를 구성할 수 있다. 상과 광원 사이에 광로의 작은 방해에 의하여 광선의 각도가 변화되어 상과 광원 빛이 일치되지 않은 상태로 맺은 영상을 말한다. 즉 광로의 방해는 Fig. 3과 같이 굴절의 변화가 밝기의 기울기로 나타난다. 특히 주변과는 다른 상태 예를 들어, 내부 이물, 변형, 굴절률, 밀도 등의 차이에 의해 발생 되는 반사각 변화에 따른 표면의 경우 보다 뚜렷한 음영의 차이를 보여 준다. Fig. 4에서는 Retro 광학계로 획득한 영상의 예를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 Retro 광학계는 다이나믹하고 입체적인 영상의 획득이 가능하다.

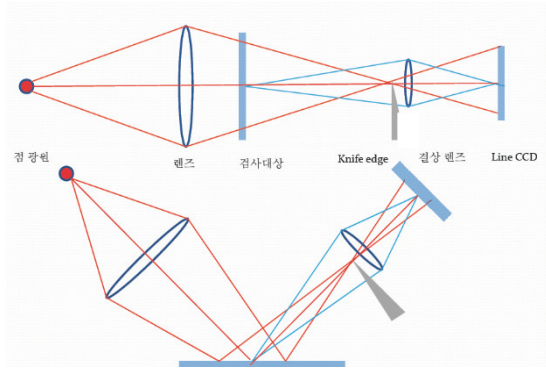


Fig. 3. The structure of Retro Optics.

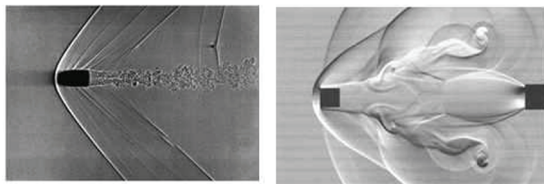


Fig. 4. Example images acquire by Retro Optics.

### 5. 실험 결과

제안한 Retro 광학계를 구성하여 영상획득한 결과 보다 입체적인 특성을 지니는 영상의 획득이 가능함을 실험적으로 보였다. Fig 5는 획득된 영상과 전처리 전 Gray Scale에서의 프로파일을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 획득된 영상은 표면에 굴곡이 있는 경우 표면의 입체적인 특성을 잘 반영함을 알 수 있다.

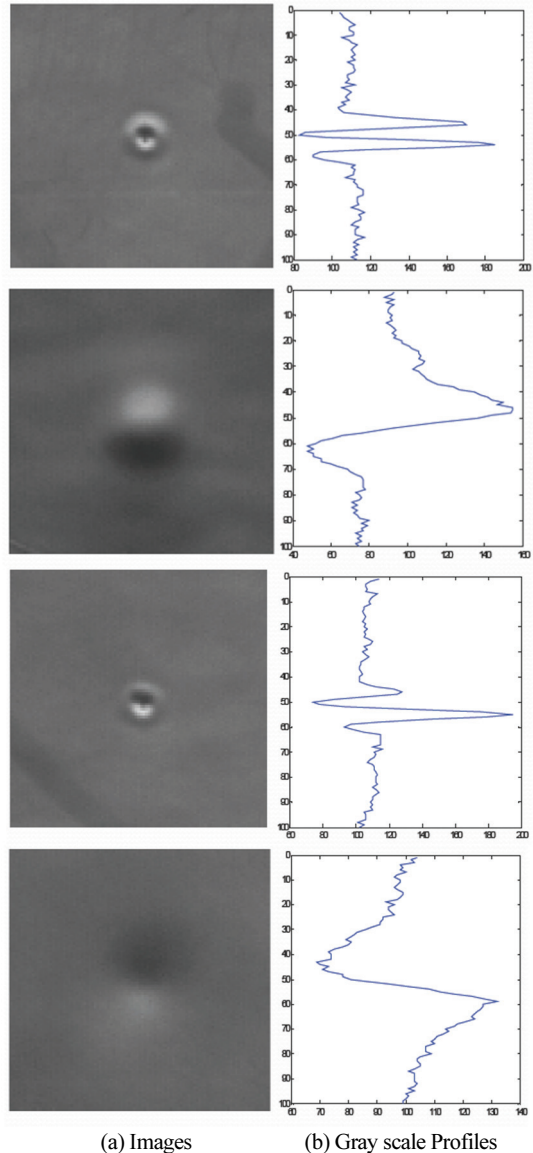


Fig. 5. Retro optics images and profiles.

추출된 3D 깊이 정보는 미검과 과검을 최소화해야 하는 자동결함검사기 (AVI)에 추가적인 정보를 제공하여 검출 성능을 향상시키는 데 활용될 수 있다. 특히 표면의 3차원 특성의 파악이 필요한 표면검사 부분에 유용하게 활용될 수 있다.

### 6. 결론

이 논문에서는 별도의 SW 처리가 필요없이 2D 영상에서 3D 깊이 정보를 광학계만으로 추출이 가능한 Retro 광

학계를 제안하고 구현하였다. 실험 결과 Retro 광학계로 획득된 영상은 표면에 굴곡이나 스크래치 등의 3차원적 결함이 있는 경우 그 입체적 성질을 잘 반영한다. 이러한 방법은 별도의 SW 처리가 필요 없으므로 매우 빠르고 안정적이다. 추출된 3D 깊이 정보는 미검과 과검을 최소화해야 하는 자동결함검사기 (AVI)에 추가적인 정보를 제공하여 검출 성능을 향상시키는 데 활용될 수 있다. 특히 표면의 3차원 특성의 파악이 필요한 표면검사 부분에 유용하게 활용될 수 있다.

### 감사의 글

이 논문은 2021년도 한국기술교육대학교 교수 교육연구진흥과제 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

1. Hyun Suk Kim, Dong Beom Ko, Won Gok Lee, You Suk Bae, "A Study on Tire Surface Defect Detection Method Using Depth Image", The journal of Korea Information Processing Society, 11(5), Issue 116, pp. 211-220, (2022)
2. Jian-Hong Sun, Byung-Seung Jeon, Jong-Wook Lim, Myo-taeg Lim, "Stereo Vision based 3D Modeling System For Mobile Robot", The international Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Korea, 2010(10), (2010)
3. Soonyong Park, Mignon Park, Sung Kee Park, "Direct Depth and Color-based Environment Modeling and Mobile Robot Navigation", The Journal of Korea Robotics Society, 3(3), (2008)
4. Mahmoudpour, Saeed, Kim, Manbae, "Depth Map Generation Using Infocused and Defocused Images", 9(3), pp. 362-371, (2014)
5. Harding, D C. "Laser Schlieren optical system for analyzing ultrasonic fields", Biomedical Sciences Instrumentation: Proceedings v.4 , pp.223 - 230 , (1968).
6. Mahmood, Muhammad Tariq, Choi, Young Kyu, "An Improved Multiple Interval Pixel Sampling based Background Subtraction Algorithm", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Volume 18, Issue 3, pp. 1-6, (2019).
7. Lee, Jun Ha, "Analysis of Surface Characteristics for Clad Thin Film Materials", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Volume 17, Issue 1, pp. 62-65, (2019)

접수일: 2022년 11월 18일, 심사일: 2022년 12월 6일,  
게재확정일: 2022년 12월 13일