

마킹과 품질검사의 동시 처리 비전 시스템의 개발

박화규⁰ 채규열 구한서 이윤석 정창성
고려대학교 전자공학과

Built - in CPVS(Concurrent Processing Vision System) of the marking and quality inspection

Hwa-Kyu Park⁰ Kyu-Yeol Chae Han-Suh Koo Yun-Seok Lee Chang-Sung Jeong
Dept. of Electronics Engineering, Korea University

요 약

레이저를 이용한 마킹(marketing) 시스템은 미러(mirror)를 움직이는 XY Scanner안 모터의 Thermal drift로 인한 오차와 laser 오류에 의해 마킹의 불량률 조래하게 된다. 따라서, 이 마킹 불량률 검사하기 위해 마킹 시스템에는 비전(Vision)을 이용한 검사 장비가 탑재된다. 현재 웨이퍼 마킹기나 다른 마킹기의 비전시스템은 후검사(post vision) 시스템을 도입하고 있다. 하지만, 후검사 시스템의 경우 마킹이 잘못되었을 때, 바로 마킹을 중지하지 못하고 적어도 한 단위 마킹(tray, 웨이퍼, Strip, PCB 등등)을 망치게 되고, 만일 마킹 대상물이 고가인 경우 상당한 금액의 손실을 가져오는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 논문에서는 CPVS(Concurrent Processing Vision System)라는 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 마킹과 마킹 품질검사를 동시에 병행함으로써 마킹이 잘못되었을 때 마킹을 중단하게 되어 더 이상의 손실이 나지 않게 하고 후처리 검사 시스템으로의 이송과정을 생략함으로써 processing time을 줄이고, 생산성을 높인다는 장점을 가지게 된다. 이 시스템의 구현은 Visual C++의 MFC 라이브러리를 사용한 MDI구조로 구현하였다.

1. 서론

현재 마킹시스템에는 마킹 불량률 검사하기 위한 비전을 이용한 검사장비가 탑재된다. 이 비전 시스템은 크게 후검사(PostVision)와 선검사(PreVision)로 구분되어진다. 후검사의 경우 마킹된 문자열 및 로고의 불량여부를 검사하게 되고, 선검사는 마킹전 대상물의 Orientation (Translation, Rotation)을 검사하게 된다. 하지만 마킹과 검사가 분리된 시스템은 마킹 대상물의 손실과 같은 비용 증가와 검사 시스템으로의 이송과정을 수행해야 하기때문에 생산성, 즉 처리 속도(processing time)가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서 개발한 시스템은 PreVision과 PostVision기능을 모두 제공하기위해 자동으로 위치를 추적(Automatic Positioning)하고 캘리브레이션 및 와핑 알고리즘을 통한 영상보정기능을 갖는다. 또한 패턴 매칭 및 문자 식별(Character verification)기능을 제공하여 마킹과 마킹 품질 검사를 병행함으로써 마킹 불량으로 인한 손실을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다.

먼저 2장에서는 이미지상의 문자열을 인식하기 위해 쓰이는 패턴인식에 대해 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 설계한 시스템의 전체 구조와 각 구조의 설계 방안에 대해 소개한다. 4장에서는 이미지 왜곡을 보정하기 위한 이미지 와핑과 관련한 image process에 대해 기술한다. 5장에서는 구현 시스템의 성능과 결과에 대해 기술하고 6장에서는 결론 및 향후 발전방향에 대해 기술하도록 하겠다.

2. 관련연구

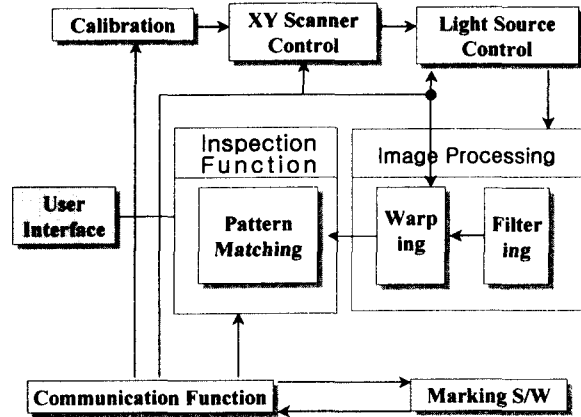
본 논문에서 구현한 비전 시스템은 마킹 품질 검사를 위해 패턴인식을 사용한다. 일반적으로 패턴인식을 위한 방법으로 Matching by correlation, Hough Transformation, Neural Network이 주로 사용된다. 첫째로 Matching by correlation은 매칭 대상과 Object로 template를 만든 후 실제 영상과의 correlation을 통해 영상내의 Object의 위치와 상관정도를 구하는 방법이다 [1]. 실제로 상업용 비전에 가장 많이 사용되고 있으며 신뢰성이 상당히 높다는 장점을 가지고 있다. 반면, 처리 속도가 늦은 단점이 있어서 이를 보완하기 위해 wavelet 이나 Gaussian filter를 이용하여 영상 피라미드를 만든 후에 먼저 low resolution에서 매칭하고 점차 high resolution으로 매칭해나가는 방법등 여러 방법이 개발되었으나, 여전히 처리 속도면에서 단점을 가지고 있다. 두 번째로 Hough transformation은 영상내의 직선 성분을 검출하기 위해 응용되고, 점차 발전하여 Generalized Hough Transform의 경우, 에지의 방향성 정보를 이용하여 그 효율 및 정확도를 높였고, 특히 물체의 회전이나 크기의 변화에 무관하게 사물을 찾을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 그에 따르는 메모리 양과 계산량이 많아지고 계수 공간에서의 해석이 매우 어렵다는 단점이 있다. 마지막으로 Neural Network은 직접 패턴을 인식하는데 사용되기 보다는 패턴을 분류하는 여러 모델의

신경망들이 사용된다. 이 방법은 빠른 속도로 판정을 내리지만 신경망의 학습에 여러 어려움이 있다는 단점을 가진다.

3. 시스템 구조

3.1 Overview

본 논문에서 개발한 시스템의 전체 구조는 아래 [그림 1]에 나타나 있다.



[그림 1] 시스템 구조

CPVS에는 검사를 수행하기 위해 전체 마킹 데이터와 현재 진행하고 있는 마킹 좌표, 현재 마킹 데이터 정보가 필요하다. 이는 전용 인터페이스 카드나 인터넷을 이용한 Communication Function을 통한 마킹 소프트웨어와의 통신을 통해 정보를 교환한다.

3.2 시스템 설계

[그림 1]에서와 같이 본 시스템은 크게 6단계로 이루어진다.

3.2.1 X-Y Scanner control

Inspection camera는 항상 현재 마킹 중인 위치의 영상을 찍어야 한다. 이를 제어하는 부분이 XY Scanner이다. 이 컨트롤러는 마킹 소프트웨어와의 통신을 통해 현재 마킹 중인 영역의 좌표를 받게 되고, 이 정보를 이용하여 vision용 XY scanner가 항상 레이저가 마킹 중인 영역을 가리키도록 컨트롤하게 된다.

3.2.2 전동 Zoom Control

XY scanner의 mirror의 움직임을 통한 scan에서는 각 위치에서의 초점거리가 변화가 생긴다. 이는 먼거리 이동시 더욱 크게 영향을 줄 수 있다. 따라서 카메라 렌즈의 초점을 각 위치마다 조절해 주기위한 zoom control이 필요하다.

3.2.3 Light Source Control

tray에 영상을 얻을 때, 각 위치에 따른 조명 불균형으로 인해 고른 영상을 얻기가 어렵다. 따라서 tray 위를 움직이는 FOV(field of verification)를 따라 조명조건을 조절하여 최적의 이미지를 얻도록 하였다. 본 논문에서는 링 조명을 사용하였으며 각 sector별로 밝기 조절이 가능하도록 하였다.

3.2.4 Calibration

tray에 마킹된 문자열의 원하는 위치의 영상을 얻기 위해 XY scanner를 Calibration시킨다. 마킹기의 XY scanner와 비전 XY scanner가 서로 같은 좌표를 가져야

만 마킹기의 위치정보에 따른 품질 검사를 수행할 수 있다. 따라서 두 scanner의 각각 다른 좌표계를 calibration을 통해 일치시키게 된다.

3.2.5 Image processing

XY scanner를 통해 얻어진 이미지는 2개의 mirror를 거치면서 왜곡되어지며, 특히 마킹 대상물의 가장자리로 갈수록 왜곡의 정도가 더욱 심해진다. 이로 인해 Inspection function에 바로 적용할 수 없다. 따라서 이 왜곡을 warping작업을 통해 보정한다. 또한 마킹 품질 검사시 수행할 패턴 매칭은 영상의 화질에 크게 영향을 받게 된다. 따라서 조명의 불균일로 인해 열화된 영상을 전처리 단계로써 Morphological 필터와 median 필터, sharpening 필터를 이용하여 영상의 화질을 개선한다.

3.2.6 Inspection Function

마킹의 품질을 검사하는 부분이다. 마킹 데이터는 대개 로고와 문자열로 이루어져 있다. 앞서 살펴본 바와 같이 문자열의 패턴인식을 위해 Matching by correlation, Hough Transformation, Neural Network등이 주로 사용된다. Matching by correlation은 매칭 대상 Object로 template를 만든 후 실제 영상과의 correlation을 통하여 영상내의 Object의 위치와 상관정도를 구하는 방법으로, 실제로 산업용 비전에 가장 많이 사용되고 있으며 신뢰성이 상당히 높은 결과를 보인다. 본 연구에서는 매칭을 수행할 대상을 알고 검사하는 시스템이므로 Matching by correlation을 사용한다. 이 방법은 검사 속도가 빠르지 않지만 보다 정확한 정보를 제공하기 때문에 대개 문자열로 이루어져 있는 마킹 대상물에 적합하고, 비교적 떨어지는 처리 속도 측면은 기존의 Matching by correlation방법에서 wavelet을 사용하여 영상 피라미드를 만든 후, low resolution에서 매칭하고 점차 high resolution으로 매칭해 나가는 방법으로 개선하였다.

4. Image Processing

4.1 Calibration

마킹기의 레이저 좌표와 비전의 카메라 좌표는 서로 다른 좌표계를 사용하게 된다. 이 두 좌표계는 서로 같은 좌표계를 가져야만 마킹기의 위치정보에 따른 마킹의 품질검사를 수행할 수 있다. 따라서 레이저 좌표계와 카메라 좌표계간의 관계를 구하는 작업이 calibration이다. 본 연구에서 calibration 작업은 Preprocessing, Thinning, Linking, Teaching의 순서로 이루어진다.

먼저, 이미지의 프로세싱을 위해 입력영상을 이진화하는 Preprocessing을 수행한다.

4.1.1 Thinning & Linking

calibration을 위한 격자의 교차점을 찾아내기 위한 선행 작업으로 격자의 선을 Thinning한다. 기존의 Thinning 알고리즘은 [그림2]와 같이 라인의 교차점 위치를



[그림 2] Thinning and Linking

정확히 보존하지 못한다[2]. 따라서 라인의 직선 구간만을 thinning하고, 왜곡이 심한 교차점 구간은 삭제한 다음, 직선구간의 thinning을 기반으로 하여 교차점 구간을 다시 복원함으로써 교차점의 왜곡 현상을 없애도록 하였다.

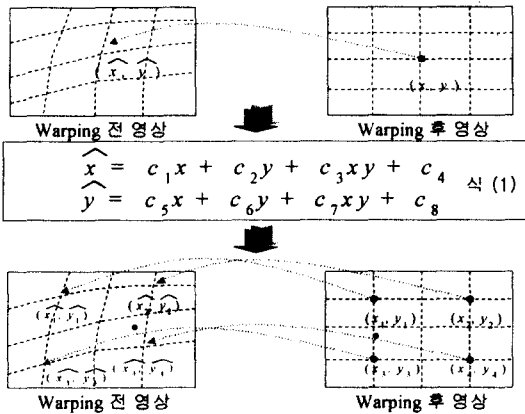
4.1.2 Teaching

calibration을 위한 격자들의 교차점을 추출하는 과정으로써, Thinning된 영상으로부터 각 교차되는 라인의 connectivity를 고려해서 추출한다. 이어서 순차적으로, 각 격자의 교차점에서 레이저 좌표계와 카메라 좌표계를 1:1로 매칭하여 각 교차점에서의 두 좌표계간의 관계 파라미터를 추출하게 된다.

4.2 Warping

XY scanner에 의해 scan되어지는 카메라 위치의 영향으로 인해 왜곡된 영상을 보정하는 작업으로 각 교차점에 대하여 왜곡되지 않은 영상의 좌표계와 실제 레이저 좌표계간의 변환 매트릭스 계수를 추출하여 왜곡된 영상을 보정한다[3]. 와핑 전 영상의 좌표를 (\hat{x}, \hat{y}) , 와핑 후 영상의 좌표를 (x, y) 라 하면, 와핑을 위한 매트릭스 추출 과정은 식 (1)과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

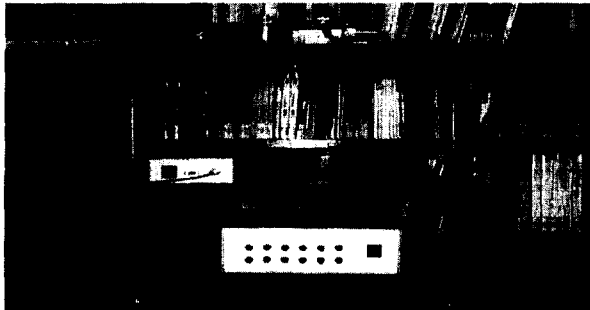
식(1)을 이용하여 4쌍의 주변 교차점 좌표를 사용하여, 중앙 교차점에 대한 매트릭스 계수를 추출한다[그림 3]. 이 때 교차점 이외의 점에서는 와핑 매트릭스가 존재하지 않는다. 따라서 이러한 점에서는 가장 가까운 교차점의 매트릭스를 사용한다.



[그림 3] image warping

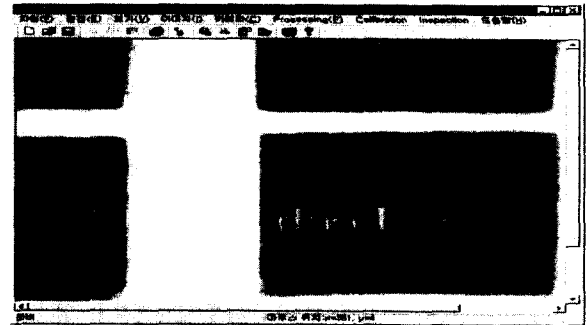
5. 실험

시스템의 시뮬레이션 부분은 Visual C++의 MFC 라이브러리를 사용한 MDI구조로 구현하였다. 이 시스템의 주요 목적은 XY scanner를 제어하여 180mm×180mm의 tray



[그림 4] 시스템의 컨트롤러 부분

마킹 영역을 검사할 수 있는 vision system의 소프트웨어이다. 이 소프트웨어는 마킹기와의 통신을 통해 마킹과 동시에 마킹 품질 검사를 수행하며, 불량이 검출될 경우 마킹기에 마킹 중지 신호를 보내고, 불량 항목(No marking, double marking, partial marking)을 조사하여 표시한다. 본 시스템의 실험에서는 저해상도 카메라를 이용해 얻은 이미지로 마킹 품질 검사 성능의 적절성 여부와 검사 처리시간(processing time)의 효율성 측정을 목적으로 하고, 만일 전수검사를 시행한다면, 과도한 검사시간으로 인해 공정 전체의 효율을 떨어뜨리게 되므로 Sampling 검사를 주 목표로 하였다. 본 논문의 시스템 실험에 사용된 컴퓨터의 사양은 펜티엄III 500Mh, 램 192M 였다. 실험 결과, pattern verification을 위한 처리 시간은 8문자 기준으로, 약 30~60ms가 걸렸다. pattern verification 결과는 [그림 4]에 보였다. 또한, warping에 걸린 시간은 약 100ms 였다. character verification의 정확도 또한 매우 높은 성공율을 보였다.



[그림 5] Pattern verification

6. 결론 및 향후 발전 방향

본 논문에서 제시한 시스템은 기존의 마킹 시스템에 검사 장비를 탑재하는 방법과는 달리 마킹과 마킹 검사를 동시에 병행하는 시스템을 개발하여 기존 시스템의 단점이었던 처리시간의 증가와 비용 손실의 문제를 개선하였다. 또한 마킹 품질 검사면에서도 기존 시스템과 비교할만한 성능을 보인다.

현재 일반적으로 가장 많이 필요한 비전 시스템은 Fiducial finding(PCB Driller, Glass Marking)과 Oriation finding(=Alignment)(Trimmer, wafer marking, Tray Marking, Strip Marking) ID verification과 마킹 품질검사 등이다. 본 논문에서 구현된 시스템을 기반으로 Fiducial finding과 Alignment등에 적용할 비전 시스템을 개발할 수 있다. 또한 ID verification에 쓰이도록 확장할 수 있다.

6. 참고 문헌

[1]. J.R.Parker, " Algorithms for Image Processing and Computer Vision" Wiley Press. Pages 275-356.
 [2]. Stentiford, F.W.M, R.G.Mortimer, " Some New Heuristics for Thinning Binary Handprinted Characters for OCR". IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics. Vol.SMC-13, No.1 Pages81-84.
 [3]. R.C.Gonzalez, R.E.Woods" Digital Image Processing", Addison-Wesley, Pages 296-305.