

영상 특징 정합 및 양선형 보간법을 이용한 자동 도면 정합 검사 시스템

송복득¹, 이승희¹, 정맹금¹, 김혜진¹, 신범주^{1,a}, 이완직¹, 양황규², 김명호³

¹ 부산대학교 IT응용공학과

² 동서대학교 컴퓨터정보공학부 소프트웨어공학전공

³ (주)비트밸리

Automatic Drawing Conformity Inspection System Using Image Features Matching and Bilinear Interpolation

Bok-Deuk Song¹, Seung-Hee Lee¹, Maeng-Geum Jeong¹, Hye-Jin Kim¹, Bum-Joo Shin^{1,a},
Wan-Jik Lee¹, Hwang Kyu Yang², and Myung Ho Kim³

¹ Department of Applied IT and Engineering, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

² Division of Computer and Information Engineering, Dongseo University, Busan 617-716, Korea

³ Bit Vally Co. Ltd., Busan 602-821, Korea

(Received March 9, 2012; Revised March 14, 2012; Accepted March 16, 2012)

Abstract: To evaluate whether or not their product is in conformity with its drawing, today's factories manufacturing rubber and/or plastic products use manual process. In manual conformity inspection process, a person decides conformity as comparing drawing to image of product with his eyes. The manual process is tedious and time-consuming in addition that it is impossible to automatically record various informations related to inspection. To solve such problems, this paper proposes automatic drawing conformity inspection system based on computer vision technologies such as image feature matching and bilinear interpolation. The test results show that proposed system is a lot faster when comparing with manual system.

Keywords: Drawing conformity inspection, Image features matching, Bilinear interpolation

1. 서 론

고무나 플라스틱을 재료로 하는 제품을 생산하는 공장에서는 생산된 제품이 도면과 일치하는 가를 판단하는 과정이 필요하다. 특히 이들 제품은 생산 현장의 온도와 같은 환경 요인으로 인해 제품의 모양이 변형되는 등 제조 환경에 민감한 특성을 가진다. 따

라서 제조 환경에 변화를 줄 수 있는 상황이 발생한 경우, 또는 일정 시간대 별로 제품의 양·불 판정을 해야만 한다.

공장에서 생산된 제품에 대해 도면과의 일치 여부를 판단하기 위해 현재 사용하는 방법은 도면과 실물 투영기를 통해 나오는 윤곽을 사람이 직접 눈으로 비교하는 것이다. 10배 확대한 크기의 도면과 실물 투영기를 통해 출력되는 제품의 윤곽을 맞추어보고 제품의 양·불 판정을 내린다. 이와 같은 방법으로 양·불

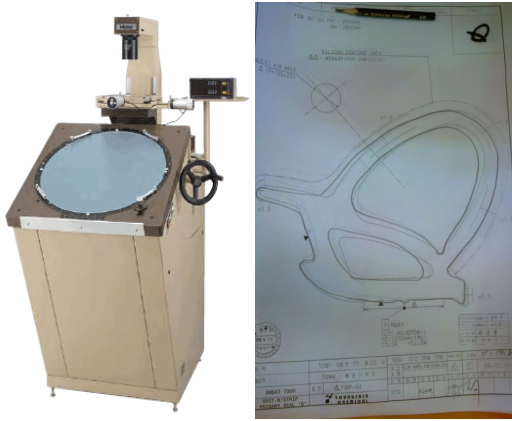


Fig. 1. Manual drawing conformity inspection system.

을 판정하는 시스템을 수동 도면 정합 판정 시스템이라 한다.

수동 도면 정합 판정 시스템을 사용할 경우 사출된 제품의 정합 판정 작업에 최소 10분에서 최대 30분 사이의 작업시간이 소요되는 단점이 있다. 또 지금과 같은 수동 도면 정합 판정 시스템을 사용할 경우 불량률, 불량 발생 환경 그리고 불량률이 높은 도면과 같은 생산 데이터들을 자동 저장할 수 없다. 이 같은 단점은 과거에 수행했던 도면 정합 판정 결과에 대한 정보, 불량률이 많았던 도면의 특성 등과 같은 정보를 검색하는 것이 불가능할 수 있다. 이는 불량률의 개선을 위해 취할 수 있는 대책을 제한하게 되고, 결과적으로 제품의 생산성을 낮춰 기업의 경쟁력 저하를 초래하게 된다.

그림 1은 현재의 수동 도면 정합 판정에 사용되고 있는 시스템을 나타낸다. 수동 도면 정합 판정 과정을 살펴보면, 정합 여부의 판단 외에는 판정 과정에 영상을 사용함을 알 수 있다. 즉 도면과 제품을 투사하여 얻은 실물 영상을 사용하여 정합을 판단하는 것이다. 이 같은 과정은 컴퓨터 비전 기술을 이용하기에 매우 적합한 과정임을 인지할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 컴퓨터 비전 기술을 적용한 자동 도면 정합 검사 시스템을 제안한다.

본 논문의 시스템은 사람이 일일이 검사해야만 했던 도면 정합 판정 과정을 자동으로 수행할 수 있을 뿐 아니라 도면과 불량률 정보의 연계가 가능하고, 또 불량률과 생산 환경에 관한 정보들을 취합할 수 있기 때문에 이들 정보들을 이용함으로써 생산 효율성을 제고시킬 수 있다.

카메라로부터 획득한 영상을 이용한 정합 방법은 두 개 이상의 이미지를 비교하는 기술로, 영상 처리와 관련된 많은 방법을 필요로 한다. 이에 따라 영상 처리의 여러 가지 방법이 개발되었고, 알고리즘 역시 발전되고 있다. 영상 매칭을 위한 영상 처리 방법에는 색의 비교, 추출한 에지(edge)의 비교, 특징점들의 비교 등 다양한 방법이 존재하며, 더 높은 매칭률을 위해 두 가지 이상의 방법을 사용하기도 한다 [1-3].

본 논문에서는 먼저 정합하고자 하는 이미지 내의 제품 위치를 일치시키기 위해 SURF (speed up robust features) [4]로 기존의 저장된 도면 템플릿 영상과 카메라를 통해 입력된 제품 이미지 사이의 각도를 계산한다. 계산된 각도만큼 입력된 이미지를 회전시켜 두 이미지에 포함된 제품 관련 영상들의 위치를 일치시킨다. 다음으로 10배도 도면 영상과 정합을 위해 획득한 제품 영상을 양선형 보간법을 이용하여 확대한다. 확대한 영상에서 잡음을 제거한 후 canny 에지 추출 [5] 방법을 이용하여 사출된 제품만을 영상에서 분리한다. 분리된 영상을 통해 실제 도면 영상과의 일치 여부를 판별한다.

영상 처리 및 정합 과정은 자동으로 수행하여 도면과 사출된 제품과의 정합 결과를 확인할 수 있으나, 사용자가 원하는 경우 상기에 기술한 일련의 과정에서 수동 모드로도 동작하는 것이 가능하다.

2. 실험 방법

2.1 시스템 구성

본 논문에서 제안한 자동 도면 정합 판정 시스템의 구성 및 처리 과정은 그림 2와 같으며, 앞 장에서 기술한 일련의 작업 과정이 크게 세 단계로 이루어진다.

첫 번째 단계는 카메라를 이용하여 사출된 고무 제품의 영상을 획득하는 단계이다. 이 단계에서 영상 획득 시에 사용자가 원하는 형태 및 시점에 영상을 획득할 수 있는 소프트웨어 트리거 기능을 제공한다.

두 번째 단계는 촬영된 제품 영상이 도면 영상의 도면과 같은 위치에 올 수 있도록 조정하고, 환경에 따른 제품 및 정합할 도면 영상 잡음을 제거하는 전처리 과정을 수행한다. 제품 영상의 위치를 조정하는 방법은 기존 도면 템플릿 영상의 특징점들과 획득된

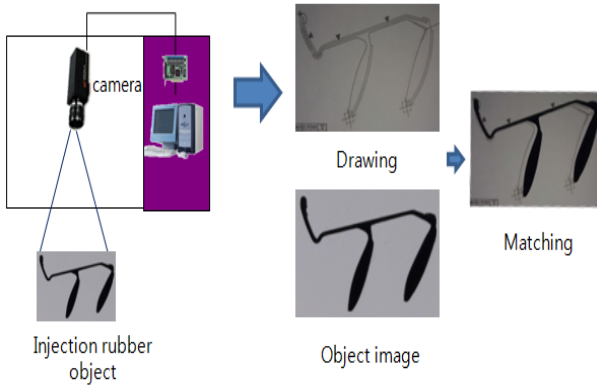


Fig. 2. Architecture and processing step of automatic drawing conformity inspection system.

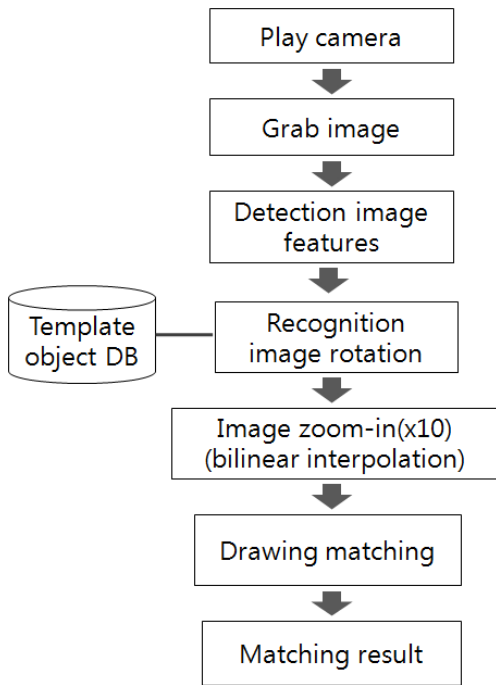


Fig. 3. Detail procedure of automatic drawing conformity inspection system.

제품 영상의 특징점들을 검출하여 서로 매칭시킨 다음 회전각을 계산하여 이미지의 위치를 조정한다. 그리고 영상 잡음 제거는 획득한 제품 영상과 도면 영상에 각각 적용된다.

세 번째 단계는 10배 도면 영상 정합 과정으로 획득한 영상을 10배 확대한 후 영상 에지 검출을 통하

여 분리된 제품과 도면을 정합한다. 제품 영상의 10배 확대는 계산속도가 빠른 양선형 보간법을 사용하여 확대하고 영상에서 제품을 분리하는 방법은 에지 추출을 한 후 사람의 수동작업을 보완하여 분리한다.

그림 3은 앞서 기술한 도면 정합 검사 시스템의 처리 과정을 보여주고 있다. 카메라가 항상 동작하고 있으면 사용자가 도면 정합 검사 기능을 수행할 때 영상을 획득하여 정합할 수 있는 기능을 제공한다.

2.2 SURF을 이용한 영상 정합

본 논문에서는 영상 특징점 검출을 이용하여 사전에 저장되어져 있는 도면 영상 템플릿과 정합 과정을 이용하여 영상의 회전각을 계산한다. 계산된 회전각을 이용하여 영상의 위치를 조정한다. 이를 위해 영상 특징점 검출 및 정합은 영상의 크기 및 회전에 강건하고 처리 속도가 빠른 SURF을 이용하여 구현하였다.

SURF 기법의 속도향상을 위한 방법들은 3가지로 요약할 수 있다. 첫 번째는 integral image를 이용하는 것이다. 이것은 4개의 점을 알면 그 영역의 면적을 간단하게 계산할 수 있다는 것을 이용한 것이다. 따라서 임의의 사각형을 일정시간 내에 계산해 줄 수 있다.

두 번째는 간편화한 detector descriptor를 활용하여 계산의 차원수를 줄임으로써 속도를 향상시키는 것이다. 간편화한 detection에서는 식 (1)과 같은 헤시안 매트릭스를 기반으로 detection 한다.

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(X, \sigma) & L_{xy}(X, \sigma) \\ L_{xy}(X, \sigma) & L_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

마지막으로 contrast를 이용하여 간단한 매칭을 구현한다. 헤시안 매트릭스에서 계산한 라플라시안 부호를 비교하여 간단하게 매칭할 수 있다. 따라서 추가적인 연산이 들지 않고, 성능의 감소 없이 매칭 속도는 증가하게 된다.

그림 4는 SURF을 이용하여 사출된 제품의 영상 특징점들을 찾아낸 결과를 나타낸다. 그림에서 붉은 색 원들이 매칭을 위해 사용될 특징점들을 나타낸다. 비교적 단순한 형태를 갖는 제품인 이미지 a가 다소 복잡한 형태를 갖는 b에 비해 추출된 특징점들이 상대적으로 적음을 볼 수 있다.

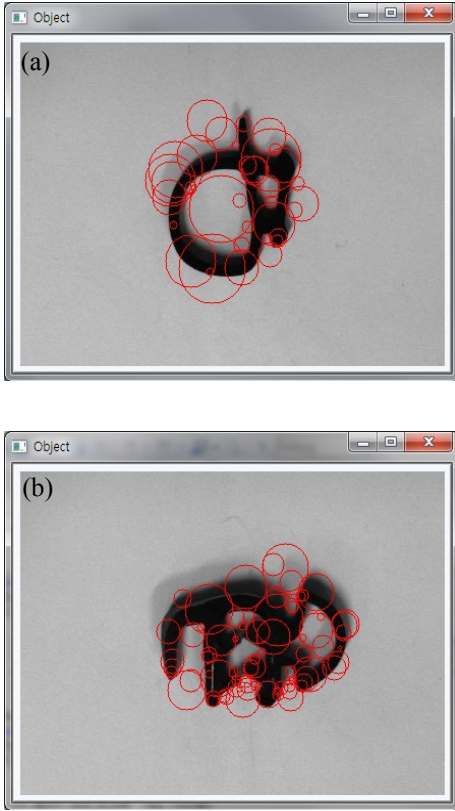


Fig. 4. Result of image features using SURF.

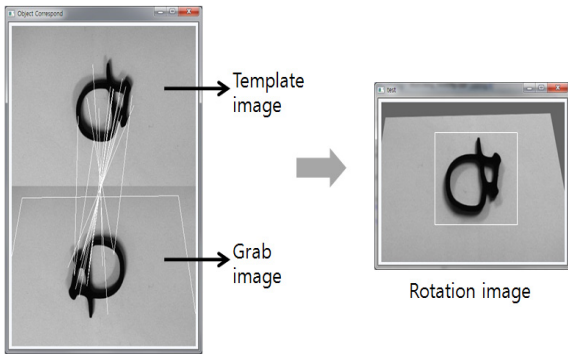


Fig. 5. Result of simple image features matching.

그림 5는 SURF을 이용하여 검출된 사출 제품의 영상 특징점과 사전에 저장되어져 있는 템플릿 영상의 특징점을 찾아 정합한 다음, 제품의 영상을 회전한 결과 화면을 나타낸다.

그림 6은 사출 고무 제품 중 복잡한 특징을 가지고

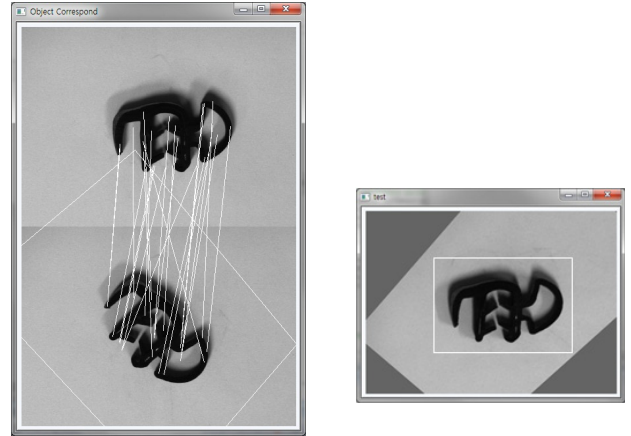


Fig. 6. Result of complex image features matching.

있는 제품에 대해 영상 정합을 수행한 결과 화면을 나타낸다. 비교적 복잡한 특징을 가진 제품의 경우에도 처리가 잘되는 것을 볼 수 있다.

2.3 양선형 보간법

도면의 정확한 정합을 판정하기 위해서는 이미지를 확대한 후 정합할 필요가 있다. 확대된 이미지를 사용할 경우 더욱 정밀한 측정으로 매칭의 정확도를 높일 수 있기 때문이다. 이미지 확대를 위해서는 영상 보간 단계를 거쳐야 한다. 영상 보간이란 원래의 화소를 제외한 격자에 존재하지 않는 좌표의 화소들에 적당한 값을 추정하여 채워 넣는 과정을 의미한다.

본 논문에서는 양선형 보간법을 이용하여 이미지를 확대하도록 한다 [5]. 양선형 보간법은 실수 좌표를 둘러싸고 있는 픽셀 값에 가중치를 곱한 값들의 선형 합으로 결과 영상의 픽셀을 구하는 방법을 말한다. 이는 비교적 빠른 속도를 보이며, 보간법을 이용한 이미지 확대 시에 흔히 보이는 계단 현상을 감소시키는 장점이 있다. 그림 7은 양선형 보간법을 구하기 위한 예를 보여준다. 양선형 보간법은 먼저 x 방향으로 선형보간법을 수행한 후, y 방향으로 다시 선형보간법을 수행한다. 그림 2의 예제를 예로 들어 x 방향으로 보간법을 수행한 X_1, X_2 에서의 보간법 결과는 식 (2), (3)과 같다.

$$f(X_1) \approx \frac{m+1-(m+a)}{m+1-m}f_1 + \frac{m+a-m}{m+1-m}f_2 = (1-a)f_1 + af_2 \quad (2)$$

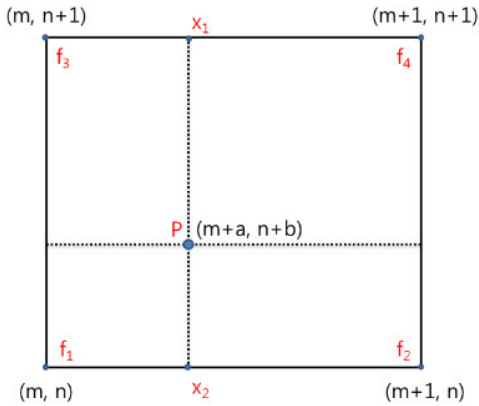


Fig. 7. Bilinear interpolation.

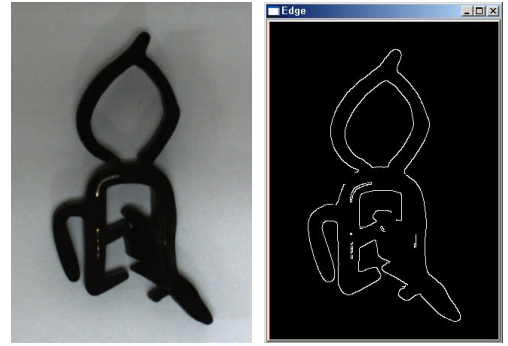


Fig. 9. Result of image edge detection.

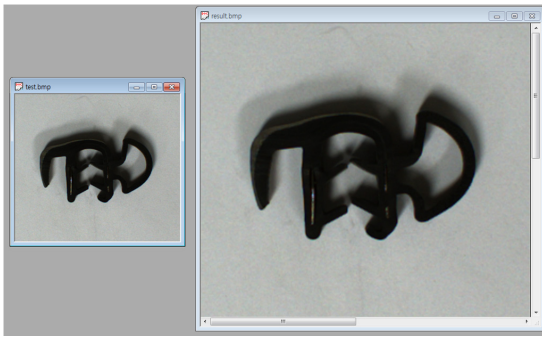


Fig. 8. Image enlargement using bilinear interpolation.

$$f(X_2) \approx \frac{m+1-(m+a)}{m+1-m} f_3 + \frac{m+a-m}{m+1-m} f_4 = (1-a)f_3 + af_4 \quad (3)$$

이것을 다시 y 방향으로 선형보간법을 수행하면 점 P 에서의 양선형 보간법의 결과 값은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} f(P) &\approx \frac{n+1-(n+b)}{n+1-n} f(X_1) + \frac{n+1-(n+b)}{n+1-n} f(X_2) \\ &= (1-b)[(1-a)f_1 + af_2] + b[(1-a)f_3 + af_4] \\ &= (1-b)(1-a)f_1 + a(1-b)f_2 + b(1-a)f_3 + abf_4 \end{aligned} \quad (4)$$

그림 8은 사출된 고무 제품 영상을 양선형 보간법을 이용하여 확대시킨 결과 화면이다.

2.4 영상 에지 (edge) 추출

실제 도면 영상과 제품 영상의 정합을 판정하기 위해서는 획득한 사출 고무 제품의 전체 영상에서 제품 영역만을 추출하는 것이 필요하다. 제품 영역만을 추



Fig. 10. Binary image for drawing matching.

출하기 위해서는 평균필터를 이용하여 영상의 잡음을 제거하고 영상에서의 에지의 연결이 끊어지지 않도록 블러링 작업을 해야 한다. 그리고 canny 에지 추출 방법 [6]을 이용하여 영상의 에지를 추출한다.

Canny 에지는 영상 스무딩, 영상 변화도 찾기, 비극대값 제거, 임계값을 통한 한계값 분리, 최종 에지 결정 순으로 여러 단계를 거쳐 최적의 영상 에지 추출을 수행한다.

그림 9는 원본영상에서 영상 잡음 제거한 후 canny 에지 추출방법을 이용하여 사출 영상 제품의 에지를 추출한 결과 화면이다.

제품 이미지를 도면 이미지와 정합하기 위해서는 배경영상을 분리한 제품 영역 영상을 추출하는 이진화 과정을 먼저 수행된 후 도면 영상과의 정합 과정을 수행하여야 한다.

그림 10은 영상 에지를 추출함으로써 실 제품의 영역만을 분리한 후 이진화 과정을 취한 영상을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시험 환경

본 논문에서 구현한 자동 도면 정합 검사 시스템에서 사용된 카메라는 POINT GREY사의 Grasshopper GRAS-20S4C-C 모델이다. 카메라 해상도는 1,624(H) × 1,224(V)로 고해상도 카메라이며 IEEE 1394 통신 방식으로 데이터를 전송한다.

그림 11은 본 논문에서 사용한 시스템의 하드웨어 구성을 나타낸다. 그림에 나타난 바와 같이 카메라를 기구의 상단에 위치시켜 사출된 제품의 영상을 획득하는 구조이다.

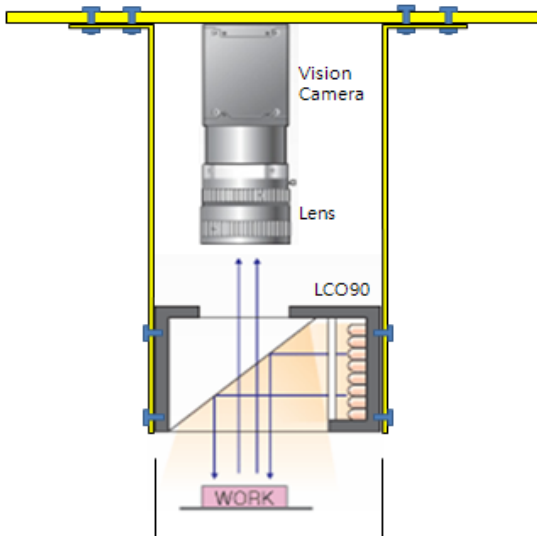


Fig. 11. Apparatus used for automatic drawing conformity inspection.

3.2 시험 결과

그림 12는 본 논문에서 구현한 자동 도면 정합 검사 시스템의 사용자 인터페이스 화면을 나타낸다. 사용자 인터페이스는 카메라의 구동 및 처리 단계에서 사용자의 필요에 따라 제품 영상 획득 및 전처리 과정을 동작시킬 수 있게 구성하였다.

그림 13은 제품의 영상이 도면 영상위에 자동으로 정합된 결과 화면을 나타내고 있다. 10배 도면 위에 사출된 고무 제품의 영상을 가장 유사한 위치에 정합한 결과를 나타낸다.

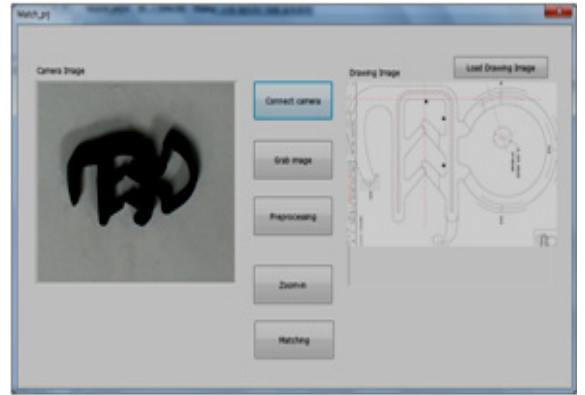


Fig. 12. User interface for drawing conformity inspection system.

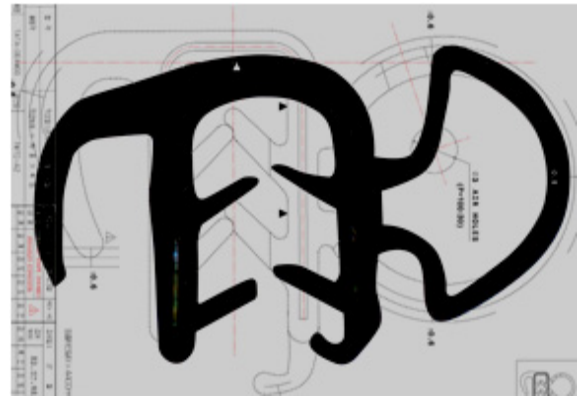


Fig. 13. Result image showing that image of faulty product does not match to drawing image.

사출된 고무 제품이 불량이라는 것을 한눈에 봐도 쉽게 판단할 수 있다. 그리고 자동 정합 과정 후 사용자가 마우스를 이용하여 위치를 조정하여 수동으로 정합 과정을 수행하여 결과를 재확인할 수 있는 기능도 제공한다.

표 1은 카메라 영상 획득 시 제품의 위치가 도면과 일치하는 위치에 있는지를 알기 위하여 SURF을 이용한 영상 특징 정합 처리 시간을 나타낸 것이다. 영상 특징이 단순한 영상과 복잡한 특징을 가지고 있는 영상에서의 영상 특징 정합 처리 시간으로 900 msec 미만으로 영상 특징 정합이 처리되는 것을 볼 수 있다.

이것은 자동 도면 정합을 위한 제품의 위치를 정위치로 위치시키는 전처리 과정이 빠른 시간 안에 처리되는 것을 알 수 있다.

Table 1. The comparison of max/min processing time in image matching using SURF.

object	Image matching process time using SURF (msec)	
	Max. process time (msec)	Min. process time (msec)
Simple image	502.5	415.2
Complicated image	820.9	750.3

Table 2. The matching average processing time.

Procedure	Drawing matching inspection system
	Average process time(sec)
Grab image & image matching using SURF	3 sec
Load drawing file	5~10 sec (slection of drawing files)
1st drawing matching	4.8 sec

표 2는 단계별 자동 도면 정합 검사 기능의 평균 처리 시간을 나타내며, 1차 자동 도면 정합 검사까지는 20 sec 내로 처리되는 것을 볼 수 있다. 1차 자동 도면 정합 검사가 끝나면 정합 결과를 사용자가 판단하여 임의로 제품영상과 도면 영상이 정합을 조절하여 최종 정합 결과를 판정할 수 있게 구현하였다.

4. 결론

본 논문은 고무나 플라스틱 제품을 생산하는 공장에서 생산된 제품이 도면과 일치하는가를 판단하는 과정에 사용할 수 있는 자동 도면 정합 검사 시스템을 개발하였다. 본 논문의 시스템은 자동으로 도면 정합 판정을 수행할 수 있도록 영상 특징점 검출, 양선

형 보간법 등 컴퓨터 기반 비전 기술을 적용하였다.

자동 도면 정합 검사의 평균적인 처리 시간은 도면 영상을 선택해서 불러오는데 소요되는 시간에 따라 차가 있을 수 있으나 자동 정합 과정까지는 20 sec 내의 빠른 속도로 처리가 되는 것을 볼 수 있었다. 그리고 자동 정합 판정 결과에 따라 사용자가 추가로 제품영상과 도면 영상의 위치를 조절할 수 있는 기능을 제공함으로써 보다 정확한 제품 검사 결과를 제공할 수 있어 현장 업무에 보다 효율적인 기능을 제공할 것으로 예상된다.

그러나 시험에 사용된 사출 고무 제품과 도면 이미지의 수량이 많지 않기 때문에 정합 인식율과 같은 시험 결과를 얻을 수 없었다. 향후 다양한 제조업체에서 다량의 샘플을 확보하여 본 논문의 시스템의 검사 결과의 정확도에 대해 정밀 분석할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No.0047042)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

- [1] Y. B. Blokhinov, D. A. Gribov, and A. S. Chernyavskiy, *J. Comput. Syst. Sci. Int.*, **47**, 959 (2008).
- [2] Y. Yu, K. Huang, W. Chen, and T. Tan, *IEEE Trans. Image Process.*, **21**, 229 (2012).
- [3] M. A. Manzar, T. A. Cheema, A. Jalil, and I. M. Qureshi, *IET Image Processing*, **2**, 337 (2008).
- [4] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, *European Conference on Computer Vision*, **3951**, 404 (2006).
- [5] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing* (Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2005)
- [6] C. John, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **8**, 679 (1986).