

논문 2011-4-14

사출성형 제품의 결함검출 시스템

Defects Detection System on Injection Molded Part

박인규*, 이완범**, 최규석***

In-Kyu Park, Wan-Bum Lee, Gyo-Seok Choi

요약 본 논문은 사출성형 제품에 존재하는 여러 가지의 패턴의 결함을 신경회로망을 이용하여 검출하는 방법을 제안하였다. 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 룩업테이블을 이용하였고, 기존의 이미지 비교에 의한 방법을 지양하여 결함분류를 위한 신경회로망의 학습표본을 위한 특징점을 추출하고 결함추출과 분류알고리즘을 제안하였다. 총 500개의 사출성형 제품의 패턴에 대하여 신경회로망의 학습을 통하여 약 3%의 제품의 패턴에서 결함을 검출하였고 패턴의 직경에 대한 불량으로 대부분 분류되었다. 제안된 시스템을 이용한 결함 검출 방법은 사출성형 제품의 미세한 패턴을 검출하는 데 시간과 경비를 줄일 수 있는 효과적인 대안으로 기대한다.

Abstract In this paper the approach of neural network was proposed which detects a variety of defects in the molded parts. In an attempt to improve the response of the system, It is designed to minimize the use of memory via LookUp table in software. The goal of these methods was to extract the features of samples in learning of neural networks, overcoming the algorithms of defects detection and classification. Through the learning of 500 sample patterns of molded parts, defects of 3% molded parts was detected and classified as the incorrect diameter parts. We expect that proposed approach is an effective alternative to save test time and cost for defect detection of a fine pattern within the molded parts.

Key Words : Insulator, Morphology, Quality Check, Image Processing

1. 서 론

일반적으로 사출 제품의 양·불량 검사와 PE하수관의 정확하고 신속한 재고파악은 목시검사의 경우 측정부위를 보는 각도와 측정 포인트의 직경에 따라 오인식이 많아 신뢰성이나 시간적인 면에서 한계에 달하고, 패턴이 고밀도화 되고 검사하여야 할 포인트의 양과 패턴의 형태와 크기에 따른 불량률의 형태도 다양하므로 개선사항이 필요하다. 기존의 이미지 비교 방법은 모든 결점을 찾을 수 있는 성능, 빠른 검사속도, 원리의 단순함등의 장점

을 지니고 있음에도 불구하고 사용자의 선택에 따라서 결함에서 제외하고 싶은 결함도 찾는 유연성의 부족, 표준 화상과 검사대상 화상 사이의 정확한 위치정렬의 필요, 많은 데이터의 요구, 조명조건에 따른 성능의 불확실성 등의 단점을 지니고 있다. 아울러 단지 화상의 뺄셈만을 하였기 때문에 결함의 유무는 판단하지만 결함의 종류는 판별하지 못한다는 크나큰 맹점이 있다. 따라서 최근에는 화상처리보드, 주변장치, 구동 메카니즘 등 하드웨어의 발전이 급속히 진전되어 하드웨어에서 기인한 위치 틀어짐, 데이터 저장장소의 부족 등의 난항등은 충분히 극복할 수 있다. 본 논문의 목적은 빠른 검사 속도와 정확한 결함 검출이라는 탁월한 장점을 지니고 있는 이미지 비교 방법을 근간으로 하여 이 방법이 지니고 있는 단점을 극복하여 결함을 효과적으로 검출하고, 검출된

*정회원, 중부대학교 컴퓨터학과

**정회원, 탐열이디 기업부설연구소

***중신회원, 청운대학교 컴퓨터학과

접수일자 2011.6.6, 수정일자 2011.7.15

게재확정일자 2011.8.12

결함을 이용하여 특징값을 추출하고 그 종류를 판별하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 몇 가지 구성으로 되어져 있다. I장과 II장은 제한된 퍼지 연산자를 기술하고, III장은 실험결과를 나타내고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 결함 검출시스템

1. 영상과 결함

결함의 발생확률이 가장 높은 두 가지 공정에 관심을 두고 해당 공정을 거친 상태의 사출제품을 검사한다. 유연성을 위하여 이미지 비교 방법^[1]을 보완하여 사용자가 정한 허용 한계 내의 결함만을 찾아내기 위하여 오차 상한과 오차 하한을 고려한다. 또한 외란에 의하여 발생할 수도 있는 상당히 큰 양의 위치 틀어짐 보정이 필요할 때에는 자기상관(autocorrelation)을 이용한 정합매칭(template matching) 방법을 이용하여 병진오차를 보상한다. 데이터의 양을 최소화하기 위하여 이진화상의 이미지 압축하여 한 장의 이미지 크기를 1/8로 감소시켜 87.5%의 데이터량 감소 효과를 가져왔으며 모든 프로세스를 압축된 상태에서 수행할 경우 검사 속도를 향상시킨다. 결함의 분류시에 각 결함의 특징값을 입력으로 하여 결함의 종류를 출력으로 낼 수 있는 결함 종류 판별 알고리즘을 제안과 룩업(LookUp) 테이블 방식의 결함 판별 방법을 제시한다.

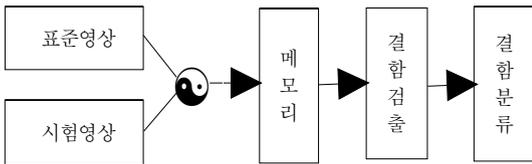


그림 1. 검사 진행 순서도
Fig 1. The flowchart of inspection

결함을 검출하고 분류하기 위한 전체 검사 과정은 그림 2.1의 진행 순서도에서 보는 바와 같이 크게 3 단계로 나누어진다. 첫째, 결함이 없는 보드를 이용하여 검사에 기준이 될 표준 화상 데이터를 구축하여 저장한다. 둘째, 이미 구축하여둔 표준화상 데이터를 이용하여 실제 검사 대상과 비교하여 결함을 추출^[2]하고 셋째, 추출된 결함 이미지로부터 결함의 종류를 판별하는 과정으로 이루어

진다.

2. 결함 검출알고리즘

표준 화상을 포착할 때의 사출제품과 검사대상 화상을 포착할 때의 사출제품이 똑같은 위치에 있지 않을 때는 원하지 않는 결함을 검출하게 된다.

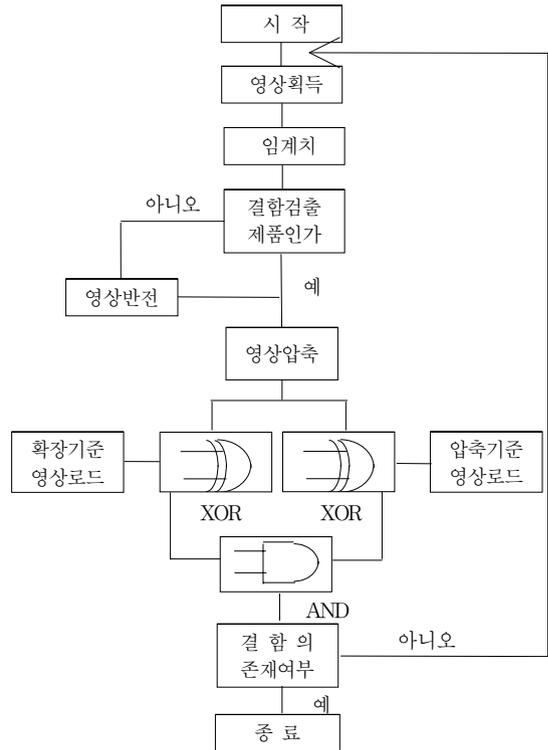


그림 2. 결함검출 알고리즘
Fig. 2. The algorithm of Defects detection

표준 화상을 만들때 형태학(morphology)을 이용하여 두 개의 표준화상을 만들어 검사시에 이용하도록 한다. 이미지보드 에서는 아날로그 신호를 실시간으로 메모리에 저장한다. 이때의 화상 데이터는 0~255의 밝기 값을 갖는 농담화상(gray scale image)이다.

결함 추출의 과정은 그림 2.2와 같다. 먼저 팽창된 표준 영상과 결함이 있는 이미지를 배타적 논리합을 취한다. 다시 수축된 표준영상과 결함이 있는 이미지를 배타적 논리합을 취하여 추출된 각각의 결과 이미지들을 논리곱을 취하면 오차 상한과 하한을 벗어나는 이상부분에 해당하는 결함의 위치, 방향, 크기에 관계없이 결함으로써 나타난다^[3,4]. 이상과 같은 과정으로 결함을 검사하면

서 결함이 없으면 처음으로 돌아가 다음의 새로운 영상을 검사하고 결함이 발견되면 감사 다음단계인 분류과정으로 가게 된다.

3. 결함 분류

결함 검출 알고리즘을 수행하여 얻은 결함 이미지에서 직접 결함의 종류를 판별하는 것은 매우 힘들다.

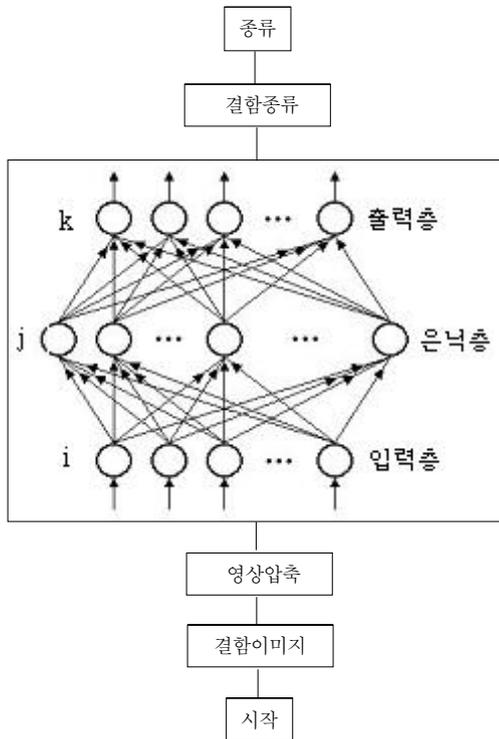


그림 3. 신경회로망에 의한 결함분류기
Fig. 3. Defects Classifier by neural network

그 원인으로서는 농담화상으로부터 이진화상으로의 전환시에 많은 정보의 손실이 있고 또한 최종 결함이미지 자체에는 주위환경에 대한 정보가 이미 상실되었기 때문이다. 한편 결함의 형태가 그 종류에 상관없이 매우 다양하기 때문에 특징값을 잘 선정하더라도 선형적으로 패턴을 분류해낼 수 있는 결정 방식식을 찾는 것은 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 비선형적인 패턴분류를 위해, 특징값을 잘 선정하고 선정된 특징값을 이용하여 결함을 판별하는 신경회로망 분류기를 이용하였다. 역전파 알고리즘은 여러 개의 층내에 수많은 노드들로 구성된다^[5,6].

패턴의 형상인식은 인식 대상에 따라 요구되는 특징 요소들을 추출하여 특징 공간을 구성하고, 학습단계에서 등록된 특징공간들과 비교하여 인식대상의 형상을 결정한다. 따라서 본 논문에서 사용하는 신경회로망 분류기의 성능을 좌우하는 요소는 바로 이러한 특징값을 여하히 잘 선택에 달려있다. 일반적으로 우수한 특징점의 선정은 대상 결함의 특성에 따라 또는 경험에 의해 많이 좌우된다. 본 논문에서는 결함을 분류하기 위한 특징점을 다음과 같은 기준으로 선정하였다.

- 분리성(Discrimination) : 서로 다른 결함들 사이에 특징점값의 차이가 가능한 한 클수록 좋다.
- 신뢰성(Reliability) : 특징점의 값은 한개의 class에서 가능한 작은 표준 편차를 가질 수록 신뢰성 있는 특징점이다.
- 독립성(Independence) : 특징점의 상호간에 상관도가 적어야 한다.
- 특징점의 수 : 대상 결함의 종류가 많고 형상이 복잡할 수록 사용되는 특징점의 수가 증가되나 빠른 판단노가 적은 data처리를 위해서는 최소한의 특징점을 정하는 것이 좋다.
- 분류하고자 하는 대상 결함들이 방향성 없으므로 방향에 의존적인 특징점은 피하는 것이 좋다.
- 꼭 필요하지 않으면 결함의 크기에 관계되는 특징점은 피하는게 좋다.
- 될 수 있는대로 기하학적 환경요소를 이용하는 특징점일수록 좋다.

이상과 같은 기준하에 특징점을 선정하였으며 추출하는 과정은 다음과 같다. 먼저 결함 이미지를 3 화소 팽창한다. 팽창한 결함 이미지를 따라 경계추적을 하면서 화상을 참조하여 특징점을 추출하게 되는데 이때 경계에서 화소간 연결에 의한 오차를 없애기 위함이다^[7,8]. 이와같이 경계를 따라가면서 동시에 화상을 참조하여 3가지 특징점을 추출하고 원 영상을 참조로 하여 하나의 특징점을 추출하게 된다^[9].

III. 실험 및 고찰

주 검사가 이루어지는 조명 장치, 카메라와 장치의 사

진을 그림 3.1에 보여준다. 조명 상태가 최적으로 설계되었을때 대상 물체인 사출제품으로부터 반사된 빛은 렌즈에 집광되어 CCD array sensor로 입력된다. CCD는 빛의 세기에 비례하는 아날로그 전류신호를 내어준다. 이미지 보드(frame grabber)로 입력된 이 전류신호는 이산화되어 프레임 버퍼에 저장된다. 이때 각각의 카메라로부터 나오는 영상신호는 채널 1과 채널 2를 통해 이미지 보드의 buffer에 저장된다. 메인 CPU에서는 프레임 버퍼에 저장된 데이터를 처리하여 검사 알고리즘을 수행한다. PC에 연결되어있는 모니터는 검사 진행상태를 나타내어주고 Visual C++프로그램에 의하여 제작된 프로그램의 초기메뉴에서 획득 메뉴에 의하여 frame grabber에 연결되어 직접 영상을 나타내 준다^[10].



그림 4. 검사 장치
Fig. 4. Inspection Device

실험장치의 구성에 사용된 장치들의 사양은 표 3.1과 같다. 이미지 보드인 DT2867은 실시간 이미지 포착(image capture), 실시간 히스토그램 계산등 대부분의 기본 화상처리 알고리즘을 하드웨어에서 수행한다.검사시간의 측정을 위한 장치의 기준은 표 3.1과 같이 AMD 옵테론 듀얼CPU이고 각 과정마다 500번씩 수행한 후 평균하였다. 표 3.2에서 볼 수 있다시피 이미지 압축과정이 큰 비율을 차지함을 알 수 있다. 이 시간에는 화상처리 보드의 메모리 버퍼로부터 PC의 RAM에 이미 영상을 패치하

는 시간이 포함되어 있고 이과정자체 시간은 사양에 크게 의존한다.

표 1. 검사 장치 H/W 사양

Table 1. The specification of H/W for inspection device

요소	기능	사양
Dual CPU	Main Process	80686(2*CPU)
모니터	검사상태 display	21"color
Frame Grabber	Image capture & digitizer	DT2867
CCD 카메라	화상입력용	0.5" 510x480pixel
조명	조명	할로겐램프

실험 결과 허용오차 상한과 하한의 범위를 벗어나는 결함은 100% 검출하였다. 간혹 잡음에 의해 생기는 한두 화소 크기의 에러는 결함에서 제외하였다. 검출 시간은 검사대상에 관계없이 일정하며 단지 화상의 크기에 비례한다.

표 2. 과정별 검사 시간

Table 2. Inspection time of each inspection

과 정	시 간
영상획득 및 임계값	0.1
2개의 기준화일 로드	0.19
시험영상 압축	0.52
3번의 비트연산	0.12
결함위치검출	0.16
계	1.09

실제 보드의 결함은 많지 않기 때문에 신경회로망의 학습에 필요한 결함은 현장 실무자의 도움을 받아 고의로 발생시켰다. 신경회로망의 입력층에 들어가는 특징값은 정규화되어 들어가게 되므로 보드의 종류, 패턴의 형태에 독립적이다. 따라서 각 결함종류별로 40개씩 모두 360개의 결함을 만들어 학습을 시켰다.

회로망의 구조와 파라미터를 결정하는 것은 일반적인 규칙이 없기 때문에 많은 경험과 시행착오를 바탕으로 한다. 결정해야 할 파라미터는 은닉층의 개수와 노드의 수, 학습률 η 모멘텀항 상수 α 이다. 은닉층의 개수는 1개 부터 3개로 변화시켰으며 노드의 개수를 3부터 9까지 변

화시켜가며 오차의 수렴률을 조사하였다. 파라미터 값은 $\eta=0.9$, $\alpha=0.7$ 로 고정을 하고 은닉층을 변화시켰을 때 360 개를 1set로 하여 3,000회(epoch)의 반복오차의 수렴을 보여준다. 은닉층이 1개 일 경우와 3개 일 경우 에는 최종 오차 수렴값이 거의 비슷하지만 은닉층 2개 일 경우가 수렴속도가 빠름을 알 수 있다.

결정된 회로망의 구조에서 η 와 α 를 변화시켜가며 오차 수렴률을 보았을 때 예상한대로 값이 클수록 오차가 적어짐을 알 수 있다. 따라서 $\eta=0.7$ 을 파라미터 값으로 선정하였다.

그림 5에 대표적으로 검사한 제품의 97%에 해당하는 정상적으로 인식된 결과를 나타내었고, 그림 6에는 전체의 패턴중에 대부분이 소수의 패턴이 불량으로 인식된 검사결과를 나타내었다.



그림 5. 인식성공(15패턴)
Fig. 5. detection success(15 patterns, 0bolds)



그림 6. 결함검출(15패턴, 2결함)
Fig. 6. Defect detection(15 patterns, 2bolds)

IV. 결 론

본 논문에서 유연성을 고려한 결함추출 알고리즘, 신경회로망에 의한 결함분류 알고리즘을 제시하였다. 실험에 적용된 총 500개의 사출성형 제품에 대하여 97%의 정상패턴을 검출하였고, 나머지는 패턴의 일부에 대하여 불량을 검출하였다. 결함추출은 모두 동일한 위치오류가 주류를 이루고 있었음을 알 수 있었다. 알고리즘에서는 구동장치의 위치 오차를 보상하도록 되어있으나 구동장

치가 잘 설계 되어 성능이 뒷받침되고 외부의 노이즈를 거의 차단할 수 있는 광학장치가 설계된다면 좀더 빠른 검사속도를 위하여 오차상한과 오차하한의 도입부분을 수정할 수 있을 것이다. 한편 결함 분류의 경우, 좋은 특징값을 선정하여 좀 더 개선된다면 만족할 만한 성과를 내리라 기대 된다.

참 고 문 헌

- [1] Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing 1997, 1998
- [2] N. Memon, P.W.Wong, "Protecting Digital Media Content," Comm. of the ACM, Vol.41, No.7, pp.35-43, 1998
- [3] M.D.Swanson, M. Kobayashi and A. H. Tewfik, "Multimedia Data-Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of the IEEE, Vol. 86, No.6, pp.1064-1087, 1998
- [4] R. Anderson Ed., "Information Hiding," in Lecture Notes in Computer Science, Vol.1147, Springer, 1996
- [5] R.Anderson and F.A.P.Petitcolas, "On the Limits of Stegography," IEEE JSAC, Vol. 41, No.7, pp.474-481, 1998
- [6] 松井甲子雄, "電子透かしの基礎", 森北出版株式會社, 1998(in Japanese)
- [7] W. Bender, D. Gruhl, N.Morimoto and A Lu, "Techniques for Data Hiding," IBM Syst. J., Vol. 35, pp.313-336, 1996
- [8] N. Nikolaidis, I. Pitas, "Copyright Protection of Images Using Robust Image Signature," In proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Press, pp.2168-2171, 1996
- [9] C. I. Podilchuk, W.Zeng, "Image-Adaptive Watermarking Using Visual Models," IEEE JSAC, Vol.16, No.4, pp.525-539, 1998
- [10] 류지열, "미세 피치 칩 은 필름의 결함 검출을 위한 자동시스템 개발", 한국정보기술학회 논문지, 제9권, 제1호, pp.25-34, 2011 1월

저자 소개

박 인 규(정회원)



- 제10권 5호 참조
 - 현 중부대학교 컴퓨터학과 교수.
- <주관심분야 : 영상처리, 인공지능>

이 완 범(정회원)



- 1995년 : 원광대학교 (공학사)
 - 1997년 : 원광대학교 (공학석사)
 - 2004년 : 원광대학교 (공학박사)
 - 2010년 ~ 현재 : 탑엘이디 기업부설 연구소장
- <주관심분야 : 영상처리, ASIC>

최 규 석(중신회원)



- 제9권 6호 참조
 - 현 청운대학교 컴퓨터학과 교수.
- <주관심분야 : 인공지능, 이동통신, 디지털방송시스템, 이동컴퓨팅>