

NGC 영상시스템 기반의 패턴 결함검출기 설계

Design of Embedded Image System based Pattern Defect Detector

이동원*, 엄예지*, 강민구*, 조문신**, 이문웅***
한신대학교*, 카사테크(주)**, 영남대학교***

요약

본 논문은 고속으로 생산되는 제품의 영상을 캡처한 후 영상처리 기법 중 에지 추출 알고리즘을 응용하여 조명에 투과된 제품의 에지를 추출 및 필터링 하는 방법으로 결함 검출 시스템을 설계한다. 소형의 임베디드 기기에 패턴 매칭 영상처리 기법을 이용하여 결함을 검출하고 패턴의 비 매칭 정도를 기준점에 따라 정상 또는 불량 판정을 할 수 있는 어플리케이션을 개발하고 탑재하였고, 어플리케이션의 불량 판정 알고리즘으로는 NGC (Normalized GrayScale Corelation) 기법을 사용하였고 검출 판정 결과 적절한 판정값을 입력하는 것으로 기준 패턴과 형상이 다른 대상의 불량을 판정한다.

1. 서론

본 논문에서는 평균화된 품질관리를 위해 생산 과정 중 검수 과정에 해상도 640 x 480의 CCD 카메라와 카사테크의 임베디드 장치를 이용하여 WindowCE 기반에서 제품의 결함을 검사할 수 있는 패턴 매칭 결함 검출 어플리케이션을 설계하고, 검사 대상의 결함 판정을 위하여 차영상의 어긋남 정도를 점수로 환원하여 판정 기준으로 삼는 것을 제안 하였다.

2. 패턴 결함검출 시스템 설계

2.1 패턴 결함 검출기 구조

소형의 임베디드 기기인 NeoSight는 모바일 CPU로 StrongArm을 사용하여 영상처리 및 공정제어를 위해 제작한 32비트 임베디드 기기이다.

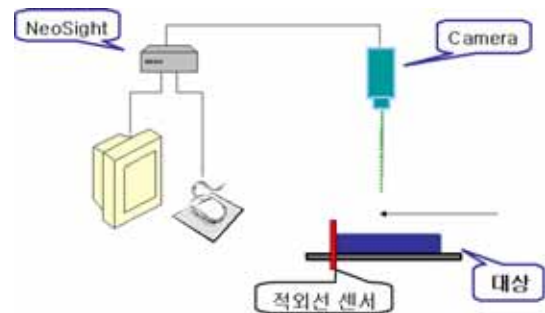


▶▶ 그림 1. 소형의 임베디드 기기 Neosight

운영체제로는 Windows CE를 채택하여 일반 퍼스널 컴퓨터 시스템의 윈도우와 같은 형식으로 사용자에게 익숙한 환경을 제공한다. PIO, USB, SERIAL 등 각종 포트를 갖추고 있

어 다른 주변기기와의 호환이 뛰어나며 인터넷 연결로 온라인 데이터 송수신이 가능하다[2].

본 논문에서는 임베디드 영상 검출기를 이용하여 임베디드 시스템에서의 결함 검출 어플리케이션을 개발하고 크로스 컴파일을 통해 시스템에 탑재한 패턴 결함 검출기를 구현하고자 한다. 이를 위한 영상 결함 검출기의 구조는 다음과 같다.



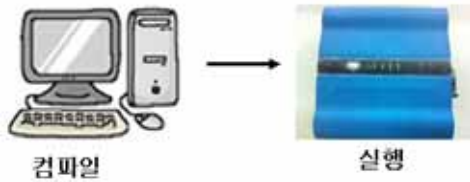
▶▶ 그림 2. 결함 검출기의 구성도

영상 결함 검출기는 NeoSight의 Strong Arm을 중점으로 640x480 CCD 카메라를 통하여 대상의 영상을 취하여 모니터로 출력하고, 마우스로 어플리케이션 조작을 하여 결함의 유무를 판정하는 방식으로 구성된다.

2.2 Visual Studio C++ 3.0과 크로스 컴파일

Windows CE에서 컴파일러가 동작하는 시스템과 컴파일러에 의해서 생성된 실행 파일이 동작하는 시스템이 다를 때 이 컴파일러를 크로스(cross) 컴파일러라고 한다. 임베디드 시스템에 동작하는 프로그램을 작성한다면 크로스 컴파일러 환경을 구축해야 한다.

본 논문에서는 embedded Visual C++ 3.0 환경에서 결합 검출 어플리케이션을 개발하고 크로스 컴파일을 통하여 임베디드 장치에서 실행하도록 진행하였다.



▶▶ 그림 3. 크로스 컴파일

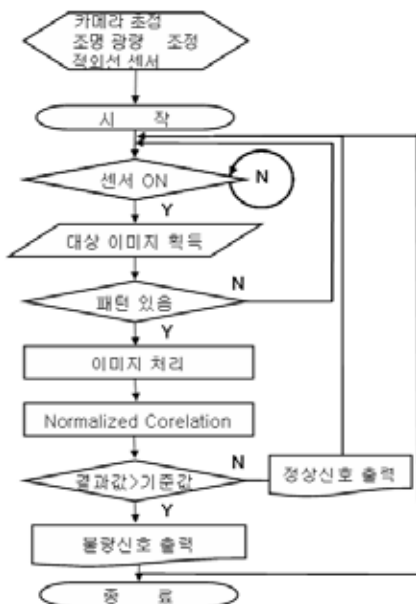
2.3 영상 결합 검출기의 전체적인 흐름

영상 결합 검출기는 CCD 카메라 초점 및 조리개 조절, 조명 및 광량조절 등의 물리적인 세팅을 마치고 패턴 매칭 알고리즘의 특성상 일치도를 조사할 영역이 매번 같은 위치 또는 일정 영역 내부에 들어와야 하므로 적외선 센서를 사용하여 이동하는 대상이 적외선 센서의 신호부에 접촉할 때를 기점으로 매 검출에 동일한 시점이 적용되도록 한다.

센서의 신호가 감지되면 카메라에서 정지된 영상이 임베디드 기기로 전달되는 일련의 처리과정을 거쳐 입력된 패턴 영상과 검사된 영상의 노말라이즈드 코릴레이션 연산을 거쳐 결과값이 기준값을 넘을 경우 불량 판정을 받고 화면에 불량신호가 디스플레이 된다.

3. 결합 검출 방법

3.1 결합 검출 과정



▶▶ 그림 4. 패턴 결합 검출기의 전체적인 흐름

항상 일정한 위치에 뚜렷한 영상을 얻기 위해 컨베이어 위의 카메라 지점에 적외선 센서를 장착하고 CCD카메라의 셔터스피드를 높여 항상 뚜렷한 영상이 입력되게 하고, 영상이 입력되면 입력된 영상에 대해 잡음 제거 과정을 거쳐 패턴을 정규화 하는 전처리를 하게 된다.

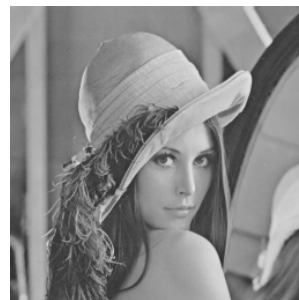
전처리 후의 패턴에 대해서 특징을 추출하는 처리를 한다. 어떤 특징을 추출하느냐는 대상 패턴에 의존한다. 특징 추출이 이루어지면 추출한 특징과 현재까지 기존의 패턴에 대해서 정의되어 있는 특징을 비교하여 가장 근접한 패턴을 찾아내어 입력 패턴이 어디에 속해 있는가를 찾아내는 패턴매칭을 실행하게 된다[4].

3.2 잡음 제거

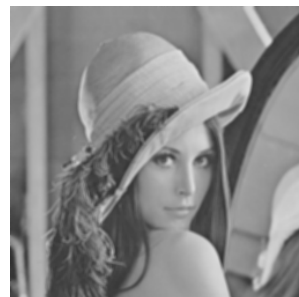
본 논문에서 선택한 알고리즘은 중간값 필터링(Median Filtering)으로 가장 간단하게 쓰이는 평균 마스크를 사용하는 방법과 차이가 있다. 평균 마스크를 사용하면 잡음이 아닌 픽셀들과 평균을 취하여 잡음이 줄어들게 된다. 하지만 잡음을 줄이기 위해 평균 마스크의 크기를 크게 할수록 영상이 흐려지는 단점이 있다.

이와 비슷하게 평균값을 가지고 잡음을 제거하는 알고리즘이 중간값 필터링인데 중간값 필터링은 주변의 픽셀들을 정렬해서 그 중에 가운데 있는 값을 취하는 방법을 사용한다. 그래서 평균 마스크를 사용하여 잡음을 제거한 영상보다 영상이 흐려지는 것을 방지할 수 있다.

3.3 평균 마스크와 중간값 필터링의 비교



▶▶ 그림 4. 원본 영상



▶▶ 그림 5. 평균 마스크를 이용한 잡음제거 영상

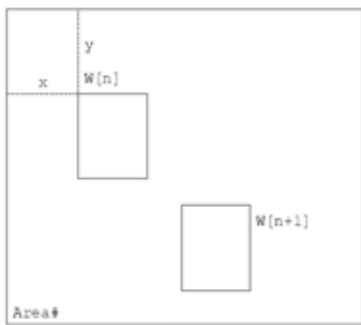


▶▶ 그림 6. 중간값 필터링을 이용한 잡음제거 영상

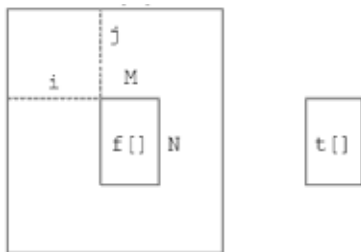
3.4 NGC(Normalized GrayScale Corelation) Algorithm

패턴 검사 소프트웨어의 이론적 배경은 노말라이즈드 코릴레이션을 이용하여 8비트 그레이 스케일 이미지에서 정해진 기준 패턴의 위치 정보를 패턴 매칭에 의해 추출하는 것이다 (grayscale pattern matching 이라고도 부름).

기준 패턴의 크기를 $t(m, n)$ 매트릭스라고 하고 대상 이미지에서 $M \times N$ 을 잘라낸 이미지를 $f(m, n)$ 매트릭스라고 하면 이들은 그레이스케일 이미지에서 각각 $M \times N$ 만큼 잘라낸 부분 이미지(sub-image)이다[6].



▶▶ 그림 7. 검사영역(Area)



▶▶ 그림 8. Window

두 개의 매트릭스 $t(m, n)$ 과 $f(m, n)$ 간의 상관치를 구하는 것이 노말라이즈드 코릴레이션의 주된 내용이다. 코릴레이션 값의 계산은 다음과 같은 과정에 의하여 구한다.

- ① t 와 f 의 평균 Mt 와 Mf 를 구한다.

$$Mt = \{ \sum \sum t(m,n) \} / P \quad (\text{식 1})$$

$$Mf = \{ \sum \sum f(m,n) \} / P \quad (\text{식 2})$$

여기서 $P = M \times N$ 이다.

- ② t 와 f 의 분산 Vt 와 Vf 를 구한다.

$$Vt^2 = \{ \sum \sum (t(m,n) - Mt)^2 \} / p \quad (\text{식 3})$$

$$Vf^2 = \{ \sum \sum (f(m,n) - Mf)^2 \} / p \quad (\text{식 4})$$

- ③ 다음처럼 하여 크로스 코릴레이션(cross correlation)을 구한다.

$$Cc(i,j) = \{ \sum \sum (t(m,n) - Mt)(f(m,n) - Mf) \} / P \quad (\text{식 5})$$

- ④ 노말라이즈드 코릴레이션 값 Cn 은 다음처럼 구한다.

$$Cn(i,j) = Cc(i,j) / (Vf \times Vt) \quad (\text{식 6})$$

여기서 Vf 와 Vt 는 ②에서 구한 각각 f 와 t 이미지의 분산 값이다[6].

이렇게 하면 t 와 f 이미지의 코릴레이션 값이 다음과 같이 -1.0 에서 $+1.0$ 까지 계산되어 나온다. 이 코릴레이션 값은 -1.0 에서부터 $+1.0$ 까지 연속적으로 변하는 실수(real) 값이다.

[표 1] 노말라이즈드 코릴레이션 값의 변화

Cn	설 명
+1.0	완전히 일치하는 모양
.	얕은 모양
0.0	중간
.	얕지 않은 모양
-1.0	완전히 반대되는 모양

(그림 5), (그림 6)에 보이는 프레임 이미지로부터 $f(m, n)$ 만큼씩 잘라내 매번 위의 코릴레이션 연산을 계산한다. 화면 전체에 대하여 코릴레이션 연산을 수행시키면 그 중 주어진 패턴 모양이 나타나는 부위에서는 코릴레이션 값이 크게 나타난다.

전체 화면(또는 특정하게 지정된 윈도우 내)에 대해서 코릴레이션을 계산하여 코릴레이션 값으로만 된 매트릭스를 만든 다음 그 중 가장 큰 피크(peak)치가 나타내는 위치를 찾는다.

피크값이 나타나는 위치가 바로 패턴이 존재하는 위치가 되며 피크치의 값 자체는 그 패턴이 주어진 기준 모양 부품과 얼마나 비슷한 지를 나타내는 것으로, 부품의 패턴이 다르거나 윈도우의 영역을 벗어나면 피크치가 떨어진다.

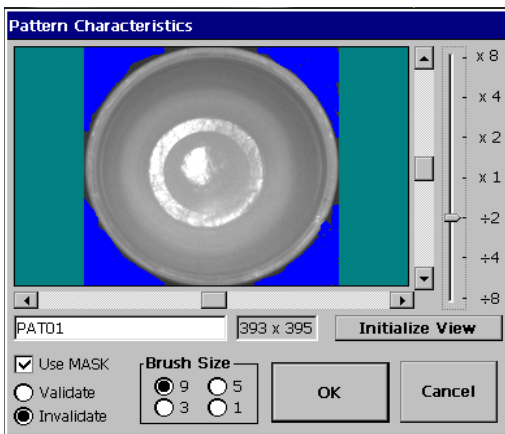
따라서 피크치의 값이 정해진 값보다 작으면 형상 불량으로

판정을 내리고 피크치가 나타난 위치가 정해진 범위를 벗어나면 위치 이탈 불량으로 감지한다.

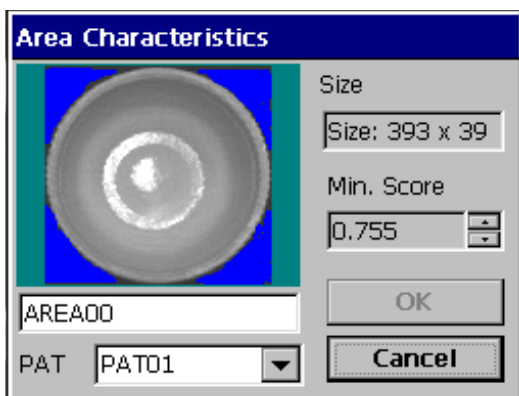
본 논문에서는 대상의 결함을 검출하는 알고리즘은 패턴매칭 알고리즘 중 대표적으로 많이 쓰이고 있는 위의 NGC 알고리즘을 중심으로 결함검출 알고리즘을 개발하였다.

4. 영상검사와 결과고찰

본 논문에서는 제한한 하나의 640 x 480 CCD 카메라를 이용해 검사 결과를 시뮬레이션 하였다. 검사할 대상을 면류 용기로 정하였고 패턴영상으로 사용할 용기를 먼저 패턴으로 저장하고, 동일한 용기를 판정하여 정상 판정을 받는 적당한 스코어를 정하고 형태가 불량한 용기를 판정하여 불량판정이 정상적으로 되는지 확인하였다.



▶▶ 그림 9. 패턴영상 설정



▶▶ 그림 10. 판정 스코어 설정

4.1 패턴영상과 동일한 대상의 패턴검사

검사 결과 판정 기준값이 0.756 이상까지는 동일한 용기를 투입하여도 NG 판정이 되었고, 판정 기준값을 0.755로 적용하자 OK 판정됨을 확인할 수 있었다.



▶▶ 그림 11. 정상 형태인 대상의 검사 결과

4.2 불량 형태의 대상의 패턴검사

아래의 판정 기준값 0.755 에선 NG 판정을 얻었으나, 판정 기준값을 0.4 이하로 변경했을 시엔 심하게 변형된 용기도 OK 를 판정한다.



▶▶ 그림 12. 결함 형태인 대상의 검사 결과

5. 결론

구현된 영상 검출패턴 어플리케이션을 사용하여 결함검출 시스템을 구성 시, 여러 번에 걸친 테스트를 통하여 사용자가 원하는 적당한 판정 기준값의 선정이 선행되어야 한다.

영상 판정 기준값의 변화에 따라 결함 검출의 기준이 변화하기 때문에 결함 검출의 정확도가 좌우되고 이에 따라 양품과 불량품이 판가름 나기 때문에 결함 검출 시스템에 있어서 매우 중요한 부분이라 할 수 있으며, 임베디드 장치를 이용하

여 자동 영상 검사 시스템을 구축하는 방법을 제안하였다.

향후 적외선 센서를 장착하고 불량 판정을 받은 대상을 제어할 수 있는 모듈을 추가하면 보편적으로 사용되고 있는 수동검사 시스템을 자동검사 시스템으로 전환할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] <http://www.automation.or.kr>
- [2] NeoSight, "NeoSight-Series 하드웨어 설명서", NEXT EYE, p9, 2002.
- [3] Douglas Boling, Programming MICROSOFT Windows CE .NET, 정보문화사, p138, Feb 2004.
- [4] <http://myfile.hanafos.com/%7Elucky77777/jeewoo/>
- [5] 엄기복, "종이컵 내면 불량 검사를 위한 영상처리 알고리즘의 구현", p29, 2002.
- [6] 강동중, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리" 사이텍미디어, pp248-272. Mar 2003