

표면결합검사서 Haar, Ferns, MCT 영상의 특징에 관한 연구

전영민[○], 서성발^{*}, Amaury Leneutre^{**}, 배유석^{*}

^{○*}한국산업기술대학교 컴퓨터공학과,

^{**}프랑스국립응용과학원 스트라스부르 메카트로닉스공학과

e-mail: {ymjun[○], sungbal^{*}, ysbac^{*}}@kpu.ac.kr, amury.leneutre@insa-strasbourg.fr^{**}

A Study on the Haar, Ferns and MCT Features of Image in the field of Surface Defect Inspection

Young-Min Jeon[○], Sung-Bal Seo^{*}, Amaury^{**}, You-Seok Bae^{*}

^{○*}Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Korea,

^{**}Dept. of Mechatronics Engineering, National Institute of Applied Sciences strasbourg

● 요약 ●

논문에서는 스마트 공장의 표면결합검사 시스템에 사용할 수 있는 Haar, Ferns, MCT 영상의 특징 활용방법에 관한 연구를 다루었습니다. 본문에서 Haar, Ferns, MCT 특징에 대해 소개하였고, 실험에서 머신비전을 이용한 표면결합검사에 이 특징들이 사용될 수 있음을 결과를 통해 제시하였다.

키워드: 결합검사(Defect Inspection), 특징(Features), Haar, Ferns, MCT

I. Introduction

4차 산업혁명의 시대에서, 기업의 생산시스템은 단순한 제품의 생산부터 제품의 생산계획, 제품의 생산, 생산 후 제품의 검사 단계를 거친다. 과거의 생산제품 표면결합검사는 육안으로 결함을 검출하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법은 검사자의 숙련도에 따라서 검사의 정밀도와 생산성에서 큰 차이를 보이며 많은 작업량을 요구한다. 따라서 머신비전을 이용한 표면결합검사 방법이 대안으로 제시되어왔다. 이 방법은 영상 내의 특징을 이용하여 결함의 유무와 위치를 자동으로 판별해내는 방법이다. 머신비전 센서는 비접촉 센서로 대상을 변형시키지 않고 결함 검사가 가능하며 온도, 습도, 자기장, 전기장, 표면의 질감이나 거친 정도에 영향을 받지 않는다.

II. Preliminaries

1. Related works

머신비전을 이용한 결함 검사는 결함을 정의하고 정의된 결함을 검출하는 방법을 주로 사용해 왔다. 결함 영역은 정상 영역과 대비해 밝기, 컬러, 윤곽 등 형상의 뚜렷한 차이를 보인다. Haar, Ferns, MCT Feature는 영상과 영역의 밝기차이 비교에 기반을 두어 영상의 결함을 검출하는 특징이다. 본 논문에서는 표면결합검사서 Haar와 Ferns, MCT 등 영상의 특징을 활용하는 방법을 제시한다.

III. Research Contents

1. Haar Feature

Haar 특징은 영상에서의 영역 간 밝기차를 이용한 특징으로서, 아래 그림의 좌상단과 같이 다양한 형태의 Haar 기본 특징들이 존재하며 이들 Haar 기본 특징들을 다양한 위치와 크기로 조합하여 물체에 대해 잘 알려진 특징을 정의하고 추출하는 방법이다.[1]

각 특징값은 기본 특징의 흰색 부분에 해당하는 영상 픽셀들의 밝기 합에서 검은색 부분의 밝기 합을 뺀 차로 계산한다. 계산된 영역의 밝기 차와 특징에 부여된 임계값과 비교하고, 이렇게 추출한 다수의 특징을 조합하여 대상을 식별한다. 물체 내에서 찾고자하는 영역의 위치 및 크기, 모양을 잘 검출하기 위해 조합되는 수많은 Haar 특징 중에서 의미 있는 Haar 특징을 선정하기 위해 자동화된 학습 알고리즘(boosting)을 사용한다.

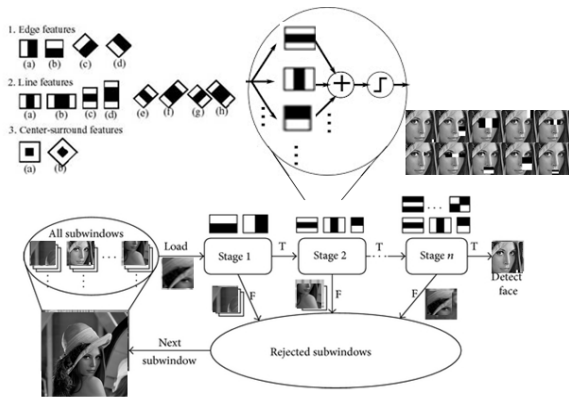


Fig. 1. The conceptual diagram of Haar feature

Haar 특징은 영역 내부에서 물체의 형태 및 위치변화에는 상대적으로 덜 민감하지만 영상의 대비, 밝기 변화에는 영향을 받으며 물체가 회전된 경우는 검출이 힘들다.

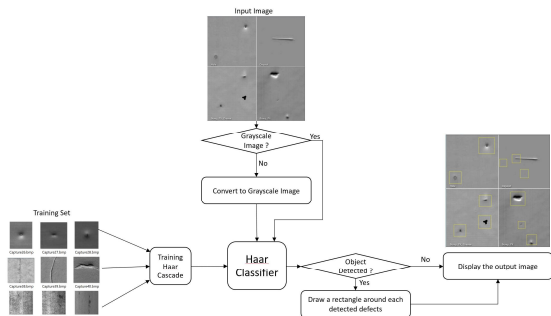


Fig. 2. Haar feature의 검출 과정

2. Ferns Feature

Ferns 특징은 영상에서 먼저 코너 등 특징점들을 뽑고 각 특징점을 중심으로 한 로컬 패치(local patch)를 구한다. 다음 구한 로컬 패치 내에서 임의의 한 쌍의 두 점(좌표)을 잡고 두 점 간의 픽셀 밝기차가 -(0의 값)인지 +(1의 값)인지를 특징으로 사용한다. 하나의 Ferns 특징은 패치 내에서의 한 쌍의 좌표로 표현되며 하나의 특징에 대한 결과는 0 또는 1의 값을 갖는다.

Ferns 특징의 단위 패치는 템플릿 구성요소이며 템플릿 매칭을 위한 영상 특징이다. Ferns 특징은 영상의 대비 변화, 밝기 변화 등에 강인하나 템플릿이라는 측면이 강하기 때문에 형태가 변하거나 회전된 경우에는 매칭이 힘든 단점과 파라미터 설정에 따라서 수십분 이상의 오프라인 학습 과정이 필요한 단점이 있다.

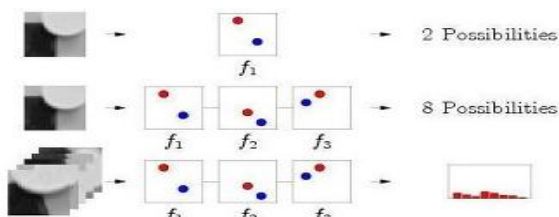


Fig. 3. The conceptual diagram of Ferns feature

패치 내에서 여러 개의 특징(feature)이 사용될 경우 그 결과는 각 특징의 결과를 이진수로 연결한 값을 사용한다. 예를 들어 위 그림 3의 두 번째 경우와 같이 3개의 특징을 사용하면 그 결과값은 000, 001, 010, 011, ..., 111까지 총 8가지 값이 가능하다. 그림 3의 세 번째 경우와 같이 3개의 특징과 M개의 이미지를 사용할 경우 각 이미지에서 나온 값으로 하나의 히스토그램(Histogram)을 만든다. 히스토그램을 로컬 패치를 표현하기 위하여 사용한다.

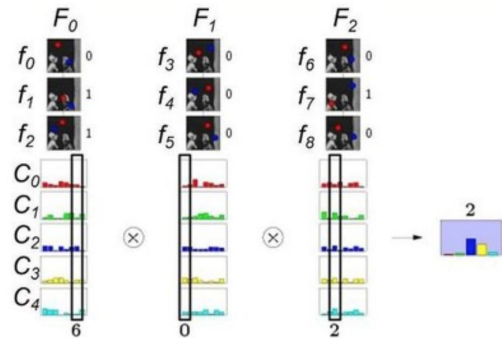


Fig. 4. Ferns feature의 클래스 분류과정

3. MCT Feature

MCT(Modified Census Transform)는 1994년 Zabih와 Woodfill가 제안한 CT(Census Transform)를 2004년 Froba에 의해 확장되어 객체검출 분야에서 가장 대표적인 방법으로 사용되고 있으며 뛰어난 검출 성능을 보이고 있다.[3][4]

MCT에서는 입력 영상을 주변 밝기 변화에 대한 영향이 제거된 영상으로 변환하기 위한 용도로 사용된다.

한 픽셀에 대한 MCT는 주변영역 픽셀의 밝기가 로컬 영역의 평균보다 밝으면 0, 어두우면 1로 인코딩하여 그 결과를 비트 스트링(bit string)으로 연결한 값이고, 비트 스트링의 해밍거리(Hamming distance)를 특징으로 사용한다.

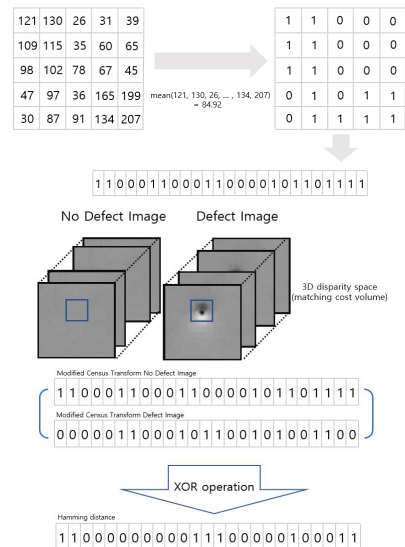


Fig. 5. The conceptual diagram of MCT feature

객체검출 분야에서 MCT가 활용되는 방식은 객체 내 한 픽셀 위치에 대하여 객체 학습영상들로부터 계산된 MCT 인덱스들의 히스토그램 H_1 과 객체가 아닌 학습영상들로부터 계산된 MCT 인덱스들의 히스토그램 H_2 를 구한 후, 입력 영상의 해당 픽셀 위치에서 계산된 MCT 인덱스에 대응하는 이진 값이 H_1 가 큰지 H_2 가 큰지 비교하여 해당 픽셀의 객체 여부를 분류한다. 각 픽셀 위치에서 계산된 두 히스토그램간의 중복(교차)되는 부분이 적을수록 구분이 뛰어나기 때문에 교차 정도에 따라서 각 픽셀 위치에 대한 가중치를 다르게 줄 수 있다.

IV. Experimental Results

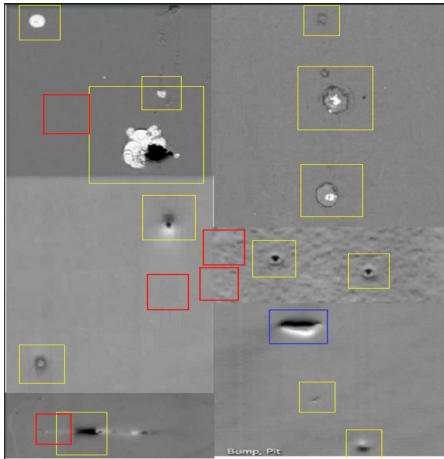


Fig. 6. 금속 표면 영상에 Haar 연산을 수행한 결과

금속 표면에 존재하는 종류별 결함 영상을 각 50개씩 학습시켜, Haar feature를 사용하여 테스트 이미지에 대해 결함을 검출하였다. 검출 결과는 색상 시각형으로 표현하였는데 노란색: 검출됨, 파란색: 검출되지 않음, 빨간색: 오검출을 의미한다.

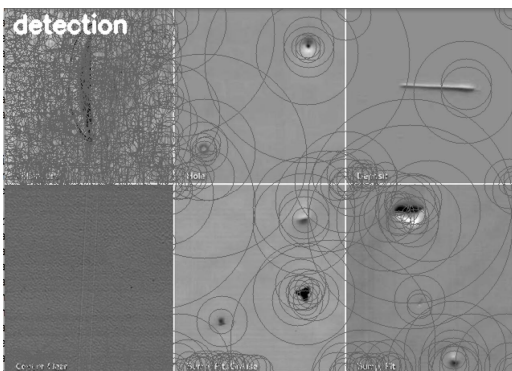


Fig. 7. 금속 표면 영상에 Ferns 연산을 수행한 결과

금속 표면 결함을 Ferns feature를 사용하여 검출하였다. 첫 번째 영상과 같이, 매끄럽지 않은 표면 영상에 대해서는 특징이 많이 생성되어 올바른 검출이 힘들고, 매끄러운 표면상의 결함에 대해서는

검출이 잘 되는 것을 확인할 수 있다.

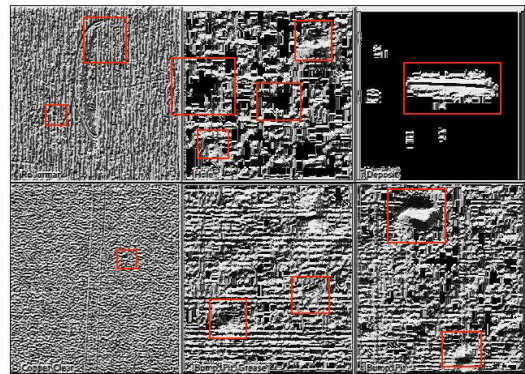


Fig. 8. 금속 표면 영상에 MCT 연산을 수행한 결과

금속 표면상의 결함을 MCT feature를 사용하여 검출하였다. 매끄러운 표면 위의 결함이 보다 매끄럽지 못한 표면에 비해 잘 검출되는 결과를 보인다.

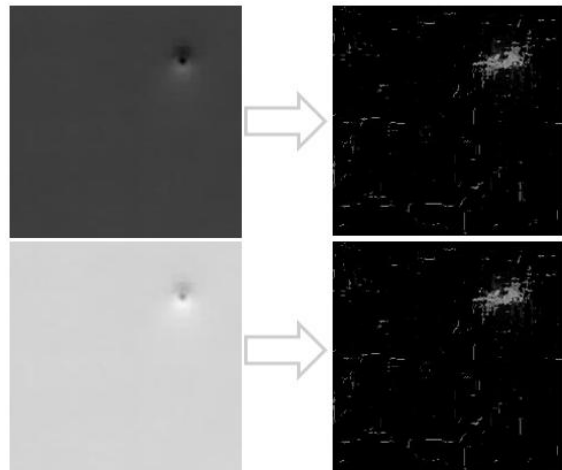


Fig. 9. 명암이 다른 금속 표면 영상에 MCT 연산을 수행한 결과

MCT 연산은 밝기가 다른 금속 표면에 대해서 강한 검출결과를 보여준다. 영상의 밝기여부에 영향을 받지 않고 결함 검출이 가능하다.

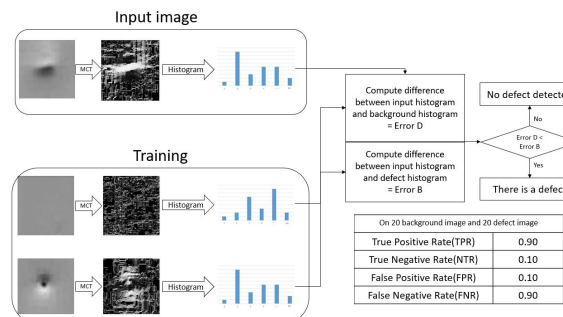


Fig. 10. MCT 연산 결과와 정확도 측정 결과

V. Conclusions

본 논문에서는 머신비전을 이용한 표면결함검사 시스템에서 사용할 수 있는 특징으로서 Haar, Ferns, MCT를 제안하였다. 또한, 제안하는 각 특징들에 대해 금속 표면에 존재하는 결함을 각 특징을 사용하여 검출할 수 있음을 실험결과를 제시하는 방법으로 검증하였다.

ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원 (KIAT)의 지원을 받아 수행된 연구임. (2018년 스마트공장 운영 설계 전문인력 양성사업, 과제번호 : N0002429)

REFERENCES

- [1] Viola, P and Jones, M, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," In Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society Conference on, Vol. 1, pp.I-I, 2001.
- [2] Ojala, T.Pietikäinen, M and Harwood, D, "A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions," Pattern recognition, 29(1), 51-59, 1996.
- [3] Zabih, R. Woodfill, J, "Non-parametric local transforms for computing visual correspondence," In European conference on computer vision, Springer, Berlin, Heidelberg, pp.151-158, May. 1994.
- [4] Froba, B, and Ernst, A, "Face detection with the modified census transform," In Automatic Face and Gesture Recognition, Proceedings. Sixth IEEE International Conference ,pp. 91-96. IEEE, May. 2004.