

표면 결함 검사에서 영상의 VVC 와 VOV 특징에 관한 연구

전영민⁰, 지홍근^{*}, Guillaume Guarino^{**}, 배유석^{*}

⁰한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

^{**}프랑스국립응용과학원 스트라스부르 메카트로닉스공학과

e-mail: {ymjun⁰, jeehg1^{*}, ysbae^{*}}@kpu.ac.kr, guillaume.guarino@insa-strasbourg.fr^{**}

A Study on the VVC and VOV Features of Image in the field of Surface Defect Inspection

Young-Min Jeon⁰, Hone-Geun Ji^{*}, Guillaume Guarino^{**}, You-Suk Bae^{*}

⁰Dept. of Computer Engineering, Korea-Polytechnic University

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

● 요약 ●

본 논문은 스마트 공장의 표면 결함 검사 시스템에서 사용할 수 있는 VVC, VOV 영상의 특징 활용에 관한 연구를 내용으로 다루었습니다. 본문에서는 VVC와 VOV 특징에 대하여 원리를 소개하고, 실험에서는 이들 특징을 사용한 표면 결함 검사의 결과를 제시하였습니다.

키워드: 검사(Inspection), 특징(Features), VVC(Variance of Variance Components), VOV(Variance of Variance)

I. Introduction

4차 산업혁명의 시대, 기업의 생산 시스템에서의 변화는 단순한 제품의 생산으로부터 제품의 생산 계획, 제품의 생산, 생산 후 제품의 검사 단계를 거친다. 과거에 제품의 표면 결함 검사는 사람이 육안으로 결함을 검출하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법은 검사자의 숙련도에 따라서 검사의 정밀도와 생산성에서 큰 차이를 보이며 많은 인건비를 요구한다. 따라서 머신 비전을 이용한 표면 결함 검사 방법이 대안으로 제시되어왔다. 이 방법은 영상에서의 특징을 이용하여 결함의 유무와 위치를 자동으로 판별해내는 방법이다. 비전 센서는 비접촉 센서로 대상을 변형시키지 않고 결함 검사가 가능하며 온도, 습도, 자기장, 전기장, 표면의 질감이나 거칠기에 영향을 받지 않는다.

II. Preliminaries

1. Related works

머신 비전을 이용한 결함 검사는 결함(Defect)을 정의 하고 정의된 결함을 검출(Detection)하는 방법을 주로 사용해 왔다. 결함은 정상 영역과 뚜렷한 밝기, 컬러, 윤곽(Edge), 주파수 등 형상의 차이를 보인다. VVC(Variance of Variance Components)와 VOV(Variance of Variance)는 모집단과 표본 집단들 간의 분산 값의 차이 비교에 기반하여 영상의 결함을 검출하는 것이 특징이다. 본 논문에서는 표면 결함 검사에서 VVC와 VOV특징을 활용하는 방법을 제시한다.

III. Research Content

VVC는 1956년 Tukey가 고안해낸 영상의 특징으로써, 모집단에서 추출해낸 표본집단이 모집단의 특징을 잘 반영하고 있는지를 나타내기 위하여 분산 요소(Variance Components)를 사용한다. [1][2][3]

$$Var(X) = E(x^2) - E(x)^2 \quad (1)$$

확률과 통계학 측면에서 분산은 집단의 특징을 나타내는 합과 평균 등을 이용한 특징이기 때문에 집단의 성격을 잘 나타낸다. 따라서 표본집단이 모집단의 특징을 잘 반영하고 있다면 집단의 수와 무관하게 이 둘의 분산요소는 매우 유사한 값을 가지게 될 것이고 표본집단이 모집단의 특징을 잘 반영하고 있지 못하다면 이 둘은 상이한 값을 가지게 된다. 이처럼 VVC는 부분집단들의 분산요소와 모집단의 분산 요소를 비교하는 방식으로 유사성을 판정하는 방법이다.

VOV는 VVC의 특징을 개선한 방법이다. [4] 모집단을 영상의 배경으로, 표본집단을 결함을 포함하고 있는 영상으로 의미적으로 설정하여 이들의 분산요소를 비교하여 결함을 판별해낸다. 영상에서 결함을 포함한 표본집단의 밝기 값은 배경만을 포함한 표본집단의 밝기 값과 대조를 보이므로 이러한 두 부분집단의 비교를 통하여 결함의 유무와 위치를 판별해 낸다.

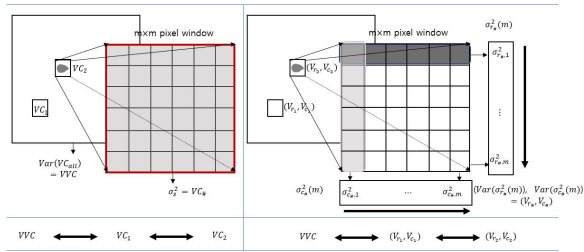


Fig. 1. The conceptual diagram of VVC and VOV features

Fig. 1 왼쪽의 VVC는 모집단의 분산 요소인 VVC와 결합이 존재하는 표본집단의 분산요소인 VC_2 를 비교하거나 배경만을 포함한 표본집단인 VC_1 과 결합을 포함한 표본집단의 분산요소인 VC_2 를 비교하여 결합을 검출하는 방법이다.

Fig. 1의 오른쪽 그림은 VOV의 연산 방법을 보여준다. 크기 $m \times m$ 의 윈도우를 통해 얻어진 표본집단에서 한 행의 밝기 값에 대한 분산을 $\sigma_{r\#,m}^2$ 으로 표현한다면 $n=1,2,\dots,m$ 에 대하여 각각의 $\sigma_{r\#,1}^2, \sigma_{r\#,2}^2, \dots, \sigma_{r\#,m}^2$ 을 구할 수 있다. 이렇게 얻어진 m 개의 분산을 $\sigma_{r\#}^2(m)$ 로 표현하고 이들의 분산을 $V_{r\#}$ 으로 나타낸다. 마찬가지로 열에 대한 $V_{c\#}$ 를 구하면 하나의 VOV값인 $(V_{r\#}, V_{c\#})$ 이 구해진다. 이와 같은 연산을 슬라이딩 윈도우 방식으로 진행하여 하나의 표본집단 당 하나의 VOV를 구할 수 있다. 이처럼 VOV는 구해진 분산 값을 대상으로 하는 분산을 의미한다. 결합이 가로 방향 또는 세로 방향이라면 행 방향 또는 열 방향의 VOV만을 비교하여 성능을 향상시킬 수 있다.

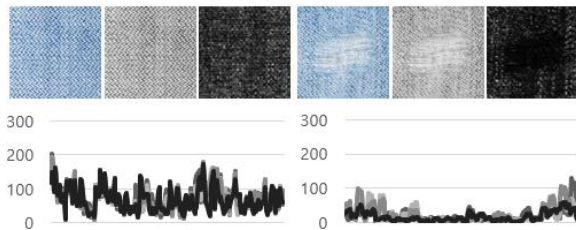


Fig. 2. The Comparison of VOV Values between Defective cloth surface and Non-Defective cloth surface

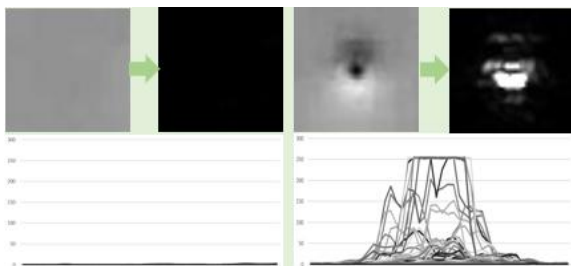


Fig. 3. The Comparison of VOV Values between Defective metal surface and Non-Defective metal surface

Fig 2와 Fig 3 하단의 그래프 상의 다수 데이터 선은 표본 집단에서 구한 각 행 단위의 밝기 값에 대한 분산 $\sigma_{r\#,1}^2, \sigma_{r\#,2}^2, \dots, \sigma_{r\#,m}^2$ 을

표현한 것이다. 이렇게 구한 m 개의 분산은 $\sigma_{r\#}^2(m)$ 혹은 $V_{r\#}$ 로 표현되는 하나의 분산 데이터 선으로 표현될 수 있어 데이터 선 비교로 비결합 표면과 결합 표면의 판정이 가능해진다.

IV. Conclusions

본 논문에서는 머신 비전을 이용한 자동 표면 결합 검사 시스템에서 사용할 수 있는 특징으로서 VVC와 VOV를 소개하였습니다. 또한, VVC 특징을 개선한 VOV 영상의 특징에 관해 옷감 표면과 금속 표면의 결합 검출에 적용하는 접근으로 실용화 방법에 관하여 연구를 하였으며 실험결과 제시를 통해서 검증하였습니다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the KIAT(Korea Institute for Advancement of Technology) grant funded by the Korea Government(MOTIE : Ministry of Trade Industry and Energy). (No. N0002429)

REFERENCES

- [1] J.W.Tukey. "Variance of variance components: 1. Balanced designs", Journal of the American Statistical Association, 1956.
- [2] J.W.Tukey. "Variance of variance components: 2. Unbalanced single classifications", The Annals of Mathematical Statistics, 1957.
- [3] J.W.Tukey. "Variance of variance components: 3. The third moments in a balanced single classification". Princeton University. The Annals of Mathematical Statistics, 1957.
- [4] bgkwon, "Study for Surface Defect Inspection Based on Machine Learning Method" Pusan National University Graduate School: Mechanical Engineering, 2015. 8.