

## 이더넷 커넥터 자동 조립 기술 개발을 위한 컴퓨터 비전 기반 공정 검사

홍윤정<sup>0</sup>, 이 건<sup>\*</sup>, 우지영<sup>\*</sup>, 남윤영<sup>\*</sup>

<sup>0</sup>순천향대학교 ICT융합학과,

<sup>\*</sup>순천향대학교 ICT융합학과

e-mail: {mobu6765, 20228862, jywoo, ynam}@sch.ac.kr<sup>0\*</sup>

### Computer Vision-Based Process Inspection for the Development of Automated Assembly Technology Ethernet Connectors

Yunjung Hong<sup>0</sup>, Geon Lee<sup>\*</sup>, Jiyoung Woo<sup>\*</sup>, Yunyoung Nam<sup>\*</sup>

<sup>0</sup>Dept. of ICT Convergence, Soonchunhyang University,

<sup>\*</sup>Dept. of ICT Convergence, Soonchunhyang University

#### ● 요약 ●

본 연구는 와이어 하네스의 불량 여부를 정확하고 빠르게 감지하기 위해 컴퓨터 비전을 활용하여 압착된 단자의 길이, 단자 끝단 치수(너비), 압착된 부분의 폭(와이어부, 심선부)의 6가지 측정값을 계산하는 것을 목표로 한다. 단자 영역별 특징과 배경과 객체 간 음영 차이를 이용하여 기준점을 생성함으로써 값들을 추출하였다. 최종적으로 각 측정 유형별로 99.1%, 98.7%, 92.6%, 92.5%, 99.9%, 99.7% 정확도를 달성하였으며, 모든 측정값에서 평균 97%의 정확도로 우수한 결과를 얻었다.

**키워드:** 이더넷(Ethernet), 컴퓨터 비전(Computer vision), 공정 검사(Process inspection)

## I. Introduction

최근 자율주행이 가능한 전기 자동차가 미래형 자동차로 각광받으며 지난 10년간 차에 탑재되는 전자제어(ECU)의 수와 복잡성이 크게 증가하였다. 이에 높은 대역폭과의 융합과 대용량 전송 속도를 지원하는 새로운 통신네트워크의 필요성이 증대되고 있다. 이더넷 하네스는 이러한 미래형 자동차 통신네트워크의 핵심부품이지만, 현재 이더넷 커넥트는 대부분 수입제품으로 전용설비 사용(Schleuniger 社, 스위스)을 요구한다. 상대적으로 저렴한 부품을 제공하고 신속한 대응을 위해선 이더넷 제조 기술의 국산화가 필요하며, 이를 위한 안정적 부품 공급 체계를 위해 검정 공정 또한 필수적이라 볼 수 있다. 또한 차량에서 불량 발생 시 인명피해로 이어지기 때문에 생산품의 품질 관리가 매우 중요하다[1]. 본 연구에서는 컴퓨터 비전을 통해 불량 여부에 필요한 검수 값들을 자동으로 구하여 보다 정확하고 빠르게 불량 여부를 검수하고자 한다.

## II. Preliminaries

이미지 처리 기반 불량 검출에 관한 최근 연구에서 Supriya et al.[3]은 Edge, 임계값 처리, 색상 기반 분할 통해 와이어 길이, 구성

요소 유무, 라벨 유무를 추출하여 와이어링 하네스용 자동 광학 검사 시스템을 설계하였다. Lee et al.[4]는 패턴 매칭 방식과 Edge를 이용하여 와이어의 구성요소 감지, 위치 및 길이 측정을 위한 자동화된 광학 검사 시스템을 개발하였다. 본 연구에서는 압착된 단자의 길이와 끝단 치수(너비), 압착된 부분의 폭(와이어부,심선부) 총 6곳의 측정값을 계산하여 불량 여부 검사에 기여하고자 한다.

## III. The Proposed Scheme

### 3.1 데이터

본 연구에서 (주)유니코어텍에서 제공한 와이어 하네스 이미지와 측정값 데이터를 활용하였다. 데이터는 측정값 유형에 따라 2가지 유형으로 나뉜다. 단자 길이와 끝단 치수는 오른쪽, 왼쪽에 따라 각각 L1, L2, W1, W2로, 와이어부 및 심선부 폭은 W3, W4로 지칭한다. 이는 Fig.1을 통해 볼 수 있다.

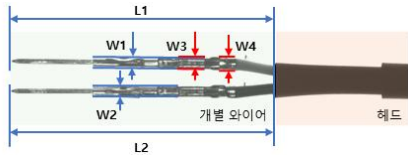


Fig. 1. 와이어 하네스와 측정 지점

Table 1. 측정별 정확도 및 최종 정확도

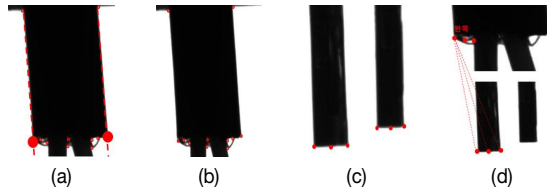
(단위:%)

	L1	L2	W1	W2	W3	W4	평균
정확도	99.1	98.7	92.6	92.5	99.9	99.7	97.1

### 3.2 컴퓨터 비전

#### (1) 단자 길이와 단자 끝단 치수

헤리스 코너 검출 방법을 이용하여 전 영역의 꼭짓점 정보를 획득하였다. 헤드 측면 기울기와 배경객체 간 음영 차이를 이용하여 꼭짓점 중 헤드의 하단 모서리 점을 선정하였다(Fig.2-(a)). 개별 와이어와 헤드가 만나는 모서리 점도 추가하여 기준점 후보군을 구성하였다(Fig.2 -(b)). 전 영역의 꼭짓점 중 y값이 큰 값을 하단 기준점 후보군으로 지정하고, 유클리드 거리를 이용하여 하단 기준점 후보군-기준점 후보군 간 거리를 추출하였다. 거리 값들의 평균은 L1, L2로 선정되었다. 단자 끝단 치수는 개별 와이어 부분에서 엣지의 기울기가 급격히 변화되면서 너비가 넓어진 지점을 추출하고, 하단 기준점 기반 기울기를 활용하여 반대 측면의 점을 구하였다. 최종적으로 생성된 거릿값들의 평균은 W1, W2로 선정되었다.



(a)헤드 측면 기울기 기반 하단점 도출, (b)기준점 후보군  
(c)하단 기준 후보군, (d)단자 거리 계산

Fig. 2. 단자 길이 측정 단계

#### (2) 와이어부 및 심선부 폭

하네스에서 ‘와이어부’와 ‘와이어-심선부 연결’, ‘심선부’로 영역을 구분하였다. 와이어 부는 금속인 와이어 바렐의 재질로 인해 동일한 y축에 2개의 반사면 영역이 생성되고, 와이어-심선부 연결 부분은 전선 노출로 인해 작은 반사면이 많이 생성된다. 심선부는 중앙선과 y축이 다른 2개의 반사면이 있다. 이러한 영역별 특징을 이용하여 기준점 추출하였다. 기준점 내에서 배경과 객체 간의 음영 차이를 이용하여 구한 측면 점과 측면 기울기를 가진 선, 측면 선과 수직인 선을 이용하여 반대면 측면의 점을 추출하였다. 최종적으로 유클리드 거리를 이용하여 W3를 구하였으며, 너비값은 보정 계수인 0.02를 이용하여 mm 단위로 변환시켰다. 심선부 영역은 와이어부와 동일한 과정으로 진행하였다.

### 3.3 결과

본 연구에서 실측값과 계산값 간 오차율에 대한 정확도가 모든 지점에서 90% 이상을 달성하였으나, 다른 지점의 정확도가 98% 이상인 것에 비해 W1, W2의 정확도가 낮은 것을 볼 수 있다.

## IV. Conclusions

본 연구에서는 하네스 이미지에서 특정 지점 값들을 계산함으로써 사전에 불량 여부를 감지하는 것을 목표로 하였다. 연구 결과 모든 지점의 실측값과 평균 97%의 정확도로 거의 유사하게 수치를 도출해내는 것을 볼 수 있다. 본 연구는 와이어 하네스 제조 국산화를 통한 비용 절감 및 안정적인 부품 공급 체계에 기여하고자 하였으며, 향후 추가적인 데이터를 확보하여 검사의 일반화 가능성을 향상시키고자 한다.

## ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과임 (2021RIS-004).

## REFERENCES

- [1] Trommnau, Jerome, et al. "Overview of the state of the art in the production process of automotive wire harnesses, current research and future trends." *Procedia CIRP* 81 (2019): 387-392.
- [2] Supriya, S. Kamble, and A. Kulkarni Ashwini. "Automatic Optical Inspection System for wiring harness using Computer Vision." *2021 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)*. IEEE, 2021.
- [3] Lee, Wei-chen, and Kai-siang Cao. "Application of Machine Vision to Inspect a Wiring Harness." *2019 IEEE International Conference on Industrial Cyber Physical Systems (ICPS)*. IEEE, 2019.