

# 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템 개발

## Development of a Multi-Camera Inline System using Machine Vision System for Quality Inspection of Pharmaceutical Containers

이 태 윤\*, 윤 석 문\*\*, 이 승 호\*\*

Tae-Yoon Lee\*, Seok-Moon Yoon\*\*, Seung-Ho Lee\*\*

### Abstract

In this paper proposes a study on the development of a multi-camera inline inspection system using machine vision for quality inspection of pharmaceutical containers. The proposed technique captures the pharmaceutical containers from multiple angles using several cameras, allowing for more accurate quality assessment. Based on the captured data, the system inspects the dimensions and defects of the containers and, upon detecting defects, notifies the user and automatically removes the defective containers, thereby enhancing inspection efficiency. The development of the multi-camera inline inspection system using machine vision is divided into four stages. First, the design and production of a control unit that fixes or rotates the containers via suction. Second, the design and production of the main system body that moves, captures, and ejects defective products. Third, the design and development of control logic for the embedded board that controls the entire system. Finally, the design and development of a user interface (GUI) that detects defects in the pharmaceutical containers using image processing of the captured images. The system's performance was evaluated through experiments conducted by a certified testing agency. The results showed that the dimensional measurement error range of the pharmaceutical containers was between -0.30 to 0.28 mm (outer diameter) and -0.11 to 0.57 mm (overall length), which is superior to the global standard of 1 mm. The system's operational stability was measured at 100%, demonstrating its reliability. Therefore, the efficacy of the proposed multi-camera inline inspection system using machine vision for the quality inspection of pharmaceutical containers has been validated.

### 요 약

본 논문은 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템 개발을 제안한다. 제안하는 기법은 다중 카메라를 통해 의약 용기를 다방면으로 촬영하여 더욱 정확히 의약 용기의 품질을 검사한다. 또한, 촬영된 의약 용기의 데이터를 기반으로 의약 용기의 치수 및 결함을 검사하여 불량 발생 시 사용자에게 알람이 가고 직접 불량 의약 용기를 제거하는 머신비전을 적용한 인라인 시스템으로 품질 검사의 효율성을 증대시킬 수 있다. 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템의 제작은 4단계로 나뉜다. 첫 번째로 의약 용기를 흡입 고정 또는 용기를 회전하는 제품 제어부를 설계 및 제작한다. 두 번째로 제품을 이동 및 촬영, 불량 제품일 경우에 배출하는 시스템 본체를 설계 및 제작한다. 세 번째로 모든 시스템을 제어하는 임베디드 보드의 제어 로직을 설계 및 제작한다. 네 번째로 시스템 본체에서 촬영된 이미지를 영상 처리를 사용하여 의약 용기의 불량 검출이 가능한 사용자 GUI를 설계 및 제작한다. 제안된 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과는, 의약 용기의 치수 측정 오차 범위가 -0.30 ~ 0.28(외경), -0.11 ~ 0.57(전장) 이내로 세계 최고 수준인 1mm 보다 우수한 결과를 달성하였고, 시스템 반복 동작의 안정성으로는 100%로 측정되었다. 따라서, 본 논문에서 제안한 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템의 효율성이 입증되었다.

*Key words : Machine Vision, Inline Inspection System, Control System, Image Processing, Defect Inspection*

\* Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University

\*\* yandy

★ Corresponding author

E-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1137

※ Acknowledgment:

This research was supported by “Regional Innovation Strategy (RIS)” through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE)(2021RIS-004)

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT(No. NRF-2022R1F1A1066371)

Manuscript received Aug. 20, 2024, revised Sep. 5, 2024, accepted, Sep. 14, 2024.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

현재 4차 산업혁명 시대에 발맞춰 스마트 공장을 구축하려는 제조업계의 흐름이 매우 빠르게 변하고 있으며, 검사 장비의 자동화, 진장화, 고도화를 가능하게 하는 머신비전[1]이 산업 분야에서 사용 분야가 점차 확대되고 있다. 그러나, 의약 용기 생산업체의 출하 품질 검사 파트 분야에서는 일부 수작업으로 진행되거나 의약 용기에 최적화되지 않은 해외의 외산 검사 시스템이 사용되고 있다. 이에 따른 검사 시스템의 의약 용기 불량제품 미검출률이 15% 정도 발생하고 있기에 추가로 검사 인원을 배치하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템[2]을 제안한다. 제안하는 기법은 다중 카메라를 통해 획득한 의약 용기의 이미지를 영상 처리 기법을 통해 불량제품을 자동 배출함으로써 더욱 정확하고 효율적인 시스템을 사용자에 제공하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 제품 제어부 설계 및 제작

제품 제어부는 의약 용기의 전 방향을 검사하기 위해 회전축을 사용한다. 회전축은 첫 번째로 제품 안착 회전축(서보모터)을 이용하여 의약 용기를 진공 흡입 후 120도 회전을 시킨다. 두 번째로 제품 회전축(스텝모터)에 의해 의약 용기를 회전시킨다. 마지막으로 제품 안착 회전축이 120도 회전 후 진공 배출하여 검사를 종료하게 된다. 그림 1은 제품 회전축 기구와 제품 안착 회전축 기구를 나타낸다.

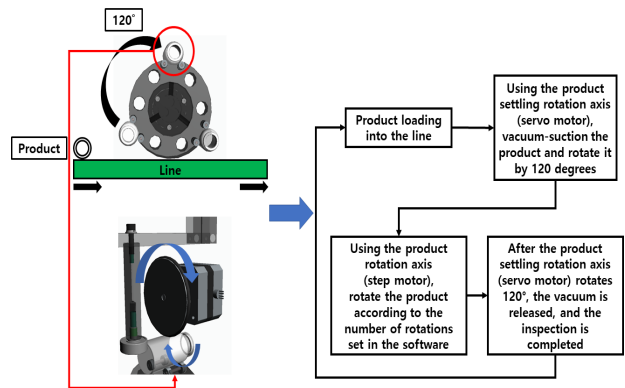


Fig. 1. Image and block diagram of the product rotation axis mechanism and the product settling rotation axis mechanism.

그림 1. 제품 회전축 기구와 제품 안착 회전축 기구 이미지 및 블록도

제품 제어부의 제품 안착 회전축 기구는 서보모터 기구 축에 부착되어 회전한다. 서보모터 기구 축은 제품 안착 회전축과 바닥면의 back light unit(BLU)을 고정한다. 그림 2는 서보모터 기구 축을 나타낸다.

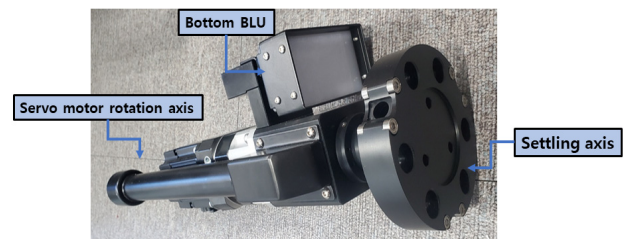


Fig. 2. Image of servo moter mechanism axis.

그림 2. 서보모터 기구축 이미지

제작된 제품 제어부의 전체 구조도는 다음 그림 3와 같다.

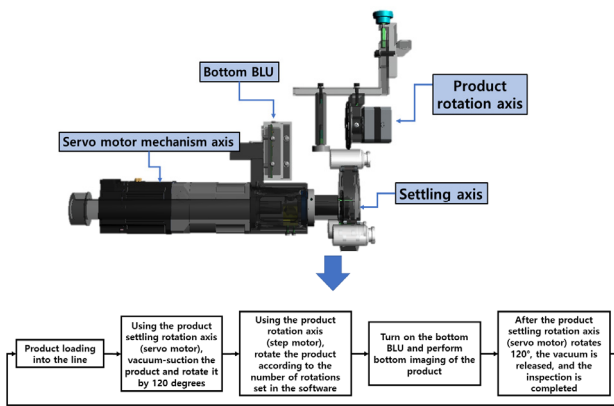


Fig. 3. Overall structure and block diagram of the product control unit.

그림 3. 제품 제어부의 전체 구조도 및 블록도

## 2. 시스템 본체 설계 및 제작

검사 시스템에 사용되는 시스템의 본체는 측면 검사 기구물, 전, 바닥면 검사 기구물, 불량배출 기구물과 같이 3가지로 나뉜다. 첫 번째로, 측면 검사 기구물이다. 측면 검사 기구물은 임베디드 보드, line 카메라(측면 이물검사), area 카메라, BLU, 스텝모터 및 서보모터 등을 장착하고 측면 이물검사 및 측면 치수 검사가 가능하도록 설계한다. 그림 4는 측면 검사 기구물의 구성도이다.

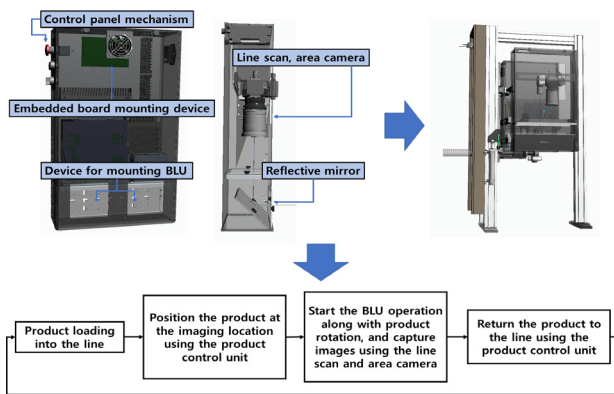


Fig. 4. Overall structure and block diagram of the side inspection apparatus.

그림 4. 측면 검사 기구물의 구성도 및 블록도

측면 검사 기구물에 부착되는 제품 검사 기구물은 의약 용기의 사이즈에 따라 가변할 수 있도록 설계되어 있다. 또한, 컨베이어와 연동을 위해 실린더부를 통해 라인 컨베이어와 탈착이 가능하도록 한다.

두 번째로 전, 바닥면 검사 기구물이다. 전, 바닥면 검사 기구물은 의약 용기의 전면과 바닥면 검사를 위한 전면 카메라, BLU와 바닥면 카메라, BLU로 구성되어 있

고, 제품 검사를 위한 상승 실린더 기구로 구성되어 있다. 그림 5은 전, 바닥면 검사 기구물의 구성도이다.

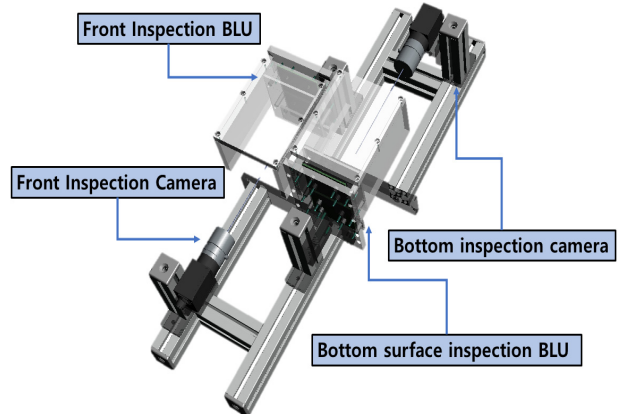


Fig. 5. Diagram of the front, bottom inspection device. 그림 5. 전, 바닥면 검사 기구물의 구성도

마지막으로 불량배출 기구물이다. 불량배출 기구물은 컨베이어에 있는 불량제품을 제품 상승 실린더, 제품 배출 실린더를 이용하여 불량을 배출하고, 배출된 불량제품을 정렬시키는 불량 정렬 기구물로 이루어져 있다. 그림 6은 불량배출 기구물의 구성도이다.

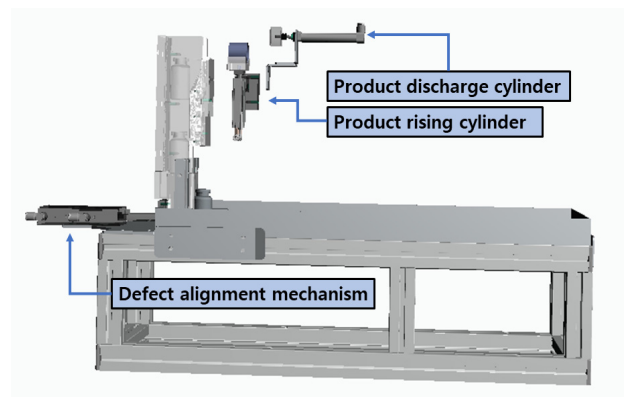


Fig. 6. Diagram of the defective discharge device. 그림 6. 불량배출 기구물의 구성도

## 3. 임베디드 제어시스템 설계 및 제작

본 논문에서 제안하는 검사 시스템의 임베디드 제어시스템[3]의 구성도는 그림 7과 같다. 검사 시스템에 사용한 임베디드 제어시스템은 인라인 검사를 위한 신속한 반응 속도 및 모터에 대한 정밀 제어가 가능하게끔 설계하였다. 임베디드 제어시스템은 embedded OS 및 embedded system 기반의 펌웨어 개발을 통해 서보모터 및 스텝모터, 영상 촬영용 BLU 밝기 제어, 스위치에 의한 동작 제어를 수행한다.

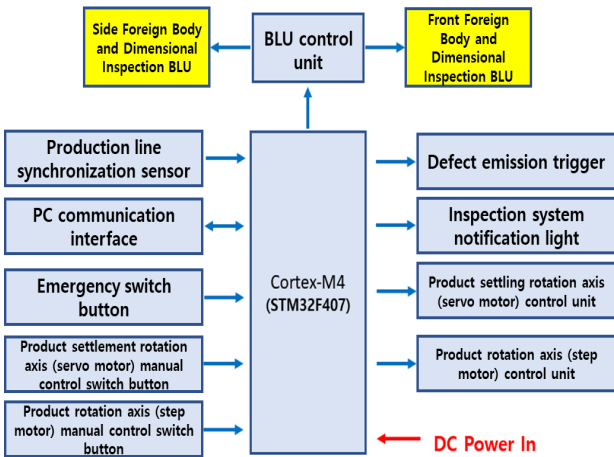


Fig. 7. Diagram of embedded control system.

그림 7. 임베디드 제어시스템의 구성도

그림 8는 제작된 검사 시스템의 임베디드 제어시스템이다.

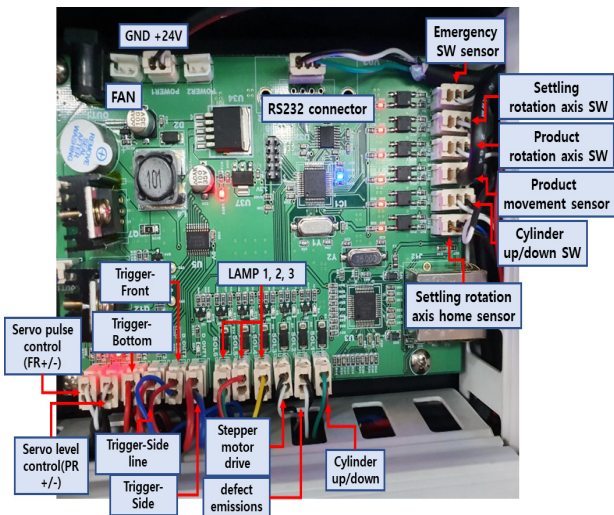


Fig. 8. Embedded control system of the manufactured inspection system.

그림 8. 제작된 검사 시스템의 임베디드 제어시스템

4. 불량 검출이 가능한 사용자 GUI 제작

본 논문에서 제작한 사용자 GUI는 기구물로부터 획득한 영상을 나타내고, 시스템의 동작 시간, 정지 등의 기능을 수행하는 버튼 및 상태 표시 기능과 획득한 영상을 영상 처리 기술[4]을 이용하여 불량제품을 검출 및 제어시스템에 전송하는 기능이 있다. 사용자 PC와 제어시스템의 연동은 RS-232로 하였고, 카메라는 유선 LAN을 통해 연결하였다. 그림 9는 제작된 사용자 GUI를 이용하여 영상 획득 후 영상 처리를 통해 불량 검출[5]을 하는 과정이다.

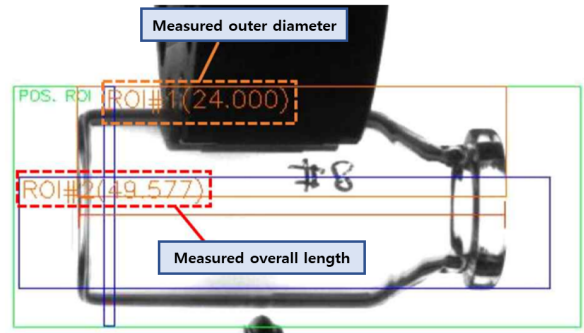


Fig. 9. Product defect detection process using image processing techniques.

그림 9. 영상 처리 기법을 통한 제품 불량검출 과정

5. 실험 및 고찰

5.1 실험 방법

본 연구에서는 제안한 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템의 성능을 평가하기 위해, 공인시험기관에서 실제 생산된 의약 용기에 대해 측정 오차 범위와 시스템 반복 동작의 안정성에 대해 테스트를 수행하였다. 의약 용기의 측정 오차 범위 실험 방법은 다중 카메라 인라인 검사 시스템을 통해 촬영된 20개의 의약 용기를 버니어 캘리퍼스와 본 논문에서 제안하는 시스템을 통해 측정된 외경(바깥지름), 전장(전체 길이)을 측정한다. 이를 총 50회 반복하여 1,000개의 의약 용기에 대해 측정 오차를 산출하여 평가한다. 시스템 반복 동작의 안정성 실험 방법은, 시스템을 통해 의약 용기 1,000개의 양·불량 치수 판정을 100번 시행하여 측정된 정확도로 평가한다. 치수 판정은 실측값과 시스템의 측정값이 1mm 이상 차이나는 경우를 불량으로 판정한다. 그림 10은 제작된 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템의 시제품이다.

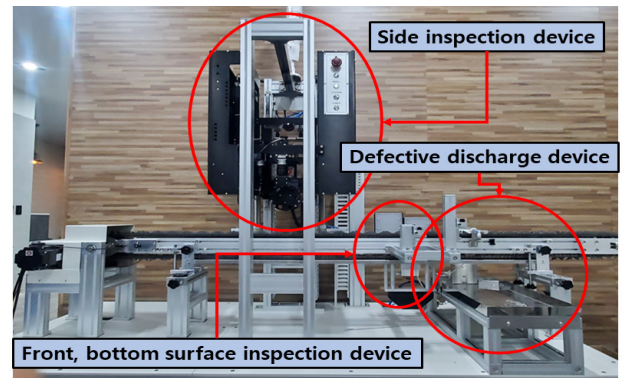


Fig. 10. Prototype of the fabricated inspection system.

그림 10. 제작된 검사 시스템의 시제품

## 5.2 실험 결과

제안된 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과는, 표 1과 같이 의약 용기의 치수 측정 오차 범위가 -0.30 ~ 0.28(외경), -0.11 ~ 0.57(전장) 이내로 세계 최고 수준(미국의 Cognex사)인 1mm 보다 우수한 결과를 달성하였고, 시스템 반복 동작의 안정성으로는 100%로 측정되었다.

Table 1. Experimental results of the measurement error range and Stability of system repeat operations experiment of pharmaceutical containers

표 1. 의약 용기의 측정 오차 범위 및 시스템 반복 안정성 실험 결과

Division	Experiment Result		Number of Measurement Samples
Stability of system repeat operations[%]	100		1,000
Measurement Error Range [mm]	Outer Diameter	-0.30 ~ 0.28	
	Overall Length	-0.11 ~ 0.57	

## III. 결론

본 논문에서는 의약 용기의 품질 검사를 위한 머신비전을 적용한 다중 카메라 인라인 검사 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 제품 제어부, 시스템 본체, 임베디드 제어시스템, 사용자 GUI 등으로 구성되었다. 특히 기존 의약 용기에 특화되지 않아 불량제품의 미 검출률이 15% 이상으로 산출되던 점을 해결하기 위해 의약 용기에 특화된 ROI 기법을 적용하여 치수를 측정하는 영상 처리 기술을 적용하여 더욱 효율적이고 정확한 제품 검사를 시행할 수 있도록 하였다. 공인시험기관에서 실험한 결과로는 의약 용기의 치수 측정 오차 범위가 -0.30 ~ 0.28(외경), -0.11 ~ 0.57(전장) 이내로 세계 최고 수준인 1mm 보다 우수한 결과를 달성하였고, 시스템 반복 동작의 안정성으로는 100%로 측정되었다. 따라서, 기존에 사용되던 외산 검사 장비의 문제점을 해결하였다. 향후 연구과제로는 의약 용기뿐만 아니라 다양한 제품에 대한 품질 검사가 가능한 검사 시스템 개발 연구가 필요하다고 사료된다.

## References

- [1] Davies, E. Roy. Computer and machine vision: theory, algorithms, practicalities. Academic Press, 2012.
- [2] Ma, Qiuping, et al. "Pipeline in-line inspection method, instrumentation and data management," *Sensors* 21.11 (2021): 3862.
- [3] Frustaci, Fabio, et al. "An embedded machine vision system for an in-line quality check of assembly processes," *Procedia Manufacturing*, vol.42, pp.211-218. 2020. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.072
- [4] Tipsuwan, Yodyium, and Mo-Yuen Chow. "Control methodologies in networked control systems," *Control engineering practice*, vol.11, no.10, pp.1099-1111. 2003. DOI: 10.1016/S0967-0661(03)00036-4
- [5] Baygin, Mehmet, et al. "Machine vision based defect detection approach using image processing," *2017 international artificial intelligence and data processing symposium (IDAP)*. Ieee, 2017. DOI: 10.1109/IDAP.2017.8090292