자동 시각 검사 시스템 기술훈련을 위한 라인스캔 카메라 기반의 실습장비 제작

Implementation of Line Scan Camera based Training Equipment for Technical Training of Automated Visual Inspection System

고진석, 무향빈, 임재열*

한국기술교육대학교 전기전자통신공학과

Jin-Seok Ko, Xiang-Bin Mu, Jae-Yeol Rheem*

Department of Electrical, Electronics and Communication Engineering, KOREATECH, Cheonan 330-708, Korea

[요약]

자동 시각 검사 장비는 전 세계적으로 제조업 기반의 기업들의 공장 자동화 시스템의 주요 장비로 자리 잡고 있다. 반도체, LCD, 철강, 제지 등 다양한 분야에서 품질관리의 자동화를 위하여 필수적으로 활용되고 있다. 그러나 대학, 직업전문학교 등의 교육기관에서는 이에 대한 교육이 거의 이뤄지지 못하고 있다. 본 논문에서는 자동 시각 검사 시스템의 기술훈련을 위하여 라인스캔 카메라 기반의 자동 시각 검사 장비 교육을 위한 실습 장비에 대해서 다루고 있다. 제작된 시스템은 산업현장에 널리 사용되고 있는 X-Y stage 기반으로 구성되었으며, 영상의 픽셀해상도는 10-30 μm 의 범위에서 가변적으로 조절 가능하다. 또한 조명구조에 따른 영상효과를 확인하기 위하여, 측면 직사조명과 동축조명을 장착하여 활용할 수 있도록 구성되어 있다. 이는 훈련자가 실습환경에서 다양한 조건들을 변경시키며 실습을 수행할 수 있음을 의미하며, 실제 제조 현장에서 활용되는 라인스캔 카메라 기반의 머신비전 시스템과 거의 동일한 기능을 수행하도록 제작되었다.

[Abstract]

The automated visual inspection system (machine vision system) for quality assurance is important factory automation equipment in the manufacturing industries, such as display, semiconductor, etc. There is a lot of demand for the machine vision engineers. However, there are no technical training courses for machine vision technologies in vocational schools, colleges and universities. In this paper, we present the implementation of line scan camera based equipment for technical training of the automated visual inspection system. The training system consists of the X-Y stage which is widely used in machine vision industries and its variable image resolution are set to 10-30 μm . Additionally, this training system can attach the industrial illumination, either the direct illuminator or coaxial illuminator, for verifying the effect of illuminations. This means that the trainee can have a practical training in various equipment conditions and the training system is similar to the automated visual inspection system in industries.

Key Words: Automated visual inspection, Machine vision, Technical training, Vocational training

<http://dx.doi.org/10.14702/JPPE.2014.037>

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.

Received 2 April 2014; **Revised** 23 April 2014

Accepted 2 May 2014

***Corresponding Author**

E-mail: rheem@koreatech.ac.kr

그림 1. 장비 정면도

Fig. 1. Front view of the equipment.

그림 2. 장비 측면도

Fig. 2. Side view of the equipment.

I. 서론

기계에 인간이 가지고 있는 시각과 판단 능력을 부여한 것을 머신비전(Machine Vision) 이라고 하며, 사람의 시각이 인지하고 판단하는 기능을 하드웨어와 소프트웨어의 시스템이 대신 처리하는 기술을 의미한다. 제조업 관련 산업계에서는 제품의 외관에 대한 검사 혹은 측정을 수행하는 머신비전 응용 시스템이 널리 사용되고 있다[1-3]. 이러한 머신비전 시스템은 하드웨어, 광학계, 소프트웨어를 통합한 고도의 전문성을 요구하고 있다. 산업현장에서 사용되는 머신비전 시스템은 영역 카메라(area camera)를 사용하는 시스템과 라인스캔 카메라(line scan camera)를 사용하는 시스템으로 구분할 수 있다. 이 중에서 라인스캔 카메라를 사용하는 시스템은 카메라 센서의 구조로 인하여 하드웨어 및 조명 시스템의 구성이 복잡하며, 따라서 이에 대한 전문적인 교육이 필요하다[3,4]. 그러나 대부분의 대학 및 직업훈련교육기관에서는 머신비전 시스템에 대한 교육은 컴퓨터 비전, 영상처리 등에 대한 교과목에 대한 교육이 주로 이뤄지고 있으며, 알고리즘, 소프트웨어 그리고 하드웨어를 통합하는 교육 프로그램은 거의 이뤄지지 않고 있다[5-8].

우리의 선행연구에서는 산업계에서 널리 사용되고 있는 라인스캔 카메라 기반의 머신비전 시스템에 대한 교육 프로그램을 제안하였고[3,4], 이를 위한 실습장비도 제안하였다

[9]. 이를 바탕으로 본 논문에서는 교육 매체 및 실습 장비를 제작하였다. 교육 프로그램은 하드웨어, 소프트웨어, 광학계를 기준으로 구성되었으며, 제작된 실습 장비는 이를 반영하여, 산업계에서 널리 사용되는 X-Y stage 기반으로 구성되었으며, 영상의 픽셀 해상도는 10-30 μm 의 범위에서 가변적으로 조절 가능하도록 구현되었다. 또한 조명의 구조에 따른 영상 효과를 확인하기 위하여, 측면 직사 조명과 동축조명을 장착하여 활용할 수 있도록 제작되었다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 실습장비 설계 및 제작에 대해서 다루고 있다. 3장에서는 실습장비의 장비운용 소프트웨어에 대해서 다루고 있다. 4장에서는 본 실습장비를 활용하는 교육 프로그램에 대해서 간략히 살펴보고, 5장에서는 본 논문의 결론을 나타낸다.

II. 실습장비 설계 및 제작

A. 실습장비 설계

본 논문에서 제작한 실습장비는 총 3축으로 구성되었다. 이 중에서 X-Y stage 기반의 자동화된 X축과 Y축은 각각 카메라 좌우 이동과 카메라 이미지 스캔 이동을 담당한다. 나머지 Z축은 영상 해상도를 변경 시, 렌즈의 working distance

그림 3. 제작된 장비 정면도

Fig. 3. Front view of the manufactured equipment.

그림 4. 제작된 장비 측면도

Fig. 4. Side view of the manufactured equipment.

를 변경시키기 위한 역할을 하며, 수동으로 움직이도록 하였다. 다음 그림 1은 본 논문에서 제작한 장비의 정면도이며, 그림 2는 측면도를 나타내고 있다. 실습장비의 전체 크기는 사용자의 편의성을 고려하여 제작되었으며, 실제 산업용 머신비전 검사장비의 내부 구성과 유사하게 설계되었다[9].

B. 실습장비 제작

그림 3과 4는 제작된 실습장비를 나타내고 있다. 그림 3은 장비의 정면도이며, 그림 4는 광학계 부분의 확대된 사진이다. 카메라 좌우 이동은 영상을 촬영할 대상물의 너비가 광학계의 FOV (field of view)보다 넓을 경우, 영상을 분할하여 촬영하기 위하여 장착되었다. 카메라 상하 이동은 영상의 해상도를 변경할 때, working distance가 변경되는 점을 대응하기 위하여 장착되었다. 영상 촬영용 조명은 자유롭게 조명과 제품간의 거리, 각도, 높이 등을 조절할 수 있도록 구성되었다.

III. 장비 운용 소프트웨어

학습자가 장비를 이용하여 실습을 수행하기 위해서는 소프트웨어를 이용하여 장비를 제어해야 한다. 그림 5는 본 실

그림 5. 메인 소프트웨어

Fig. 5. Main software.

습장비에서 활용되는 메인 소프트웨어의 모습을 나타내고 있다. 영상이 획득되면, 메인 소프트웨어의 중심부에 있는 윈도우에 영상이 출력된다. Toolbar 버튼에는 모션제어, 영상획득 다이얼로그를 띄울 수 있는 버튼이 있으며, 기타 영상 확대, 축소 등 부가적인 기능들을 담당하는 버튼들이 위치한다. 본 메인 소프트웨어는 모션제어 파트와 영상획득 및 디스플레이 파트로 구성되어 있다. 모션제어 파트는 장비의 전

그림 6. 모션제어용 다이얼로그
Fig. 6. Dialog for motion control setting.

체 운용을 담당한다. 장비의 전원이 인가되면 모션제어를 위하여 장비 초기화 과정을 거치게 된다. 초기화 과정을 통해서 각각의 구동축이 초기 위치로 이동하면 초기화 과정을 종료된다. 이때 각각의 구동축의 가감속, 이동속도 등에 대한 제어 파라미터를 조절하는 역할을 담당하고 있다. 영상획득 및 디스플레이 파트는 영상을 촬영하고, 출력하는 역할을 수행한다. 사용자가 영상획득 버튼을 누르면 모션제어 파트로 명령을 내려서 영상의 스캔축이 움직이도록 한다. 이때 스캔

그림 7. 영상 획득 다이얼로그
Fig. 7. Dialog for image acquisition.

속도 등을 변경시키며 영상 품질을 확인할 수 있도록 구성되었다.

그림 6은 모션제어용 다이얼로그의 GUI를 나타내고 있다. 액추에이터가 달려있는 2개의 X, Y축에 대해서 각종 제어 파라미터 값들을 설정하고, 초기화를 수행하는 기능을 담당한다. 또한 X축, Y축의 이동을 수동으로 조작할 수 있도록 매뉴얼 버튼도 위치하고 있다.

그림 7은 영상획득 다이얼로그를 나타낸다. 영상획득 다

표 1. 시간표 및 교육내용 (30시간 기준)

Table 1. Time table and training contents

일차	주제	이론	실습
1 (6시간)	머신비전 소개	- 머신비전이란? - 관련기술 소개	- 라인스캔 카메라를 통한 영상획득
2 (6시간)	머신비전 하드웨어	- 카메라 소개 - 조명과 광학계 - 프레임 그래버 - CCD & CMOS 센서 차이	- 프레임 그래버 실습 - 카메라와 통신방법 - 카메라 제어 명령 실습 - 트리거 신호를 이용한 영상 획득 실습
3 (6시간)	머신비전 소프트웨어	- MIL* Library 소개 - MIL 설치 및 설정방법 - MIL 구조 및 세부기능	- DCF** 설정방법 - MIL 실습
4 (6시간)	머신비전 프로그래밍 기법	- MFC 프로그래밍 기초 - 대용량 이미지 획득 기법 - 대용량 이미지 출력 기법	- 대용량 이미지 획득 실습 - 대용량 이미지 출력 실습 - MIL Programming 실습
5 (6시간)	머신비전 검사 시스템 구현	- 검사 대상에 따른 조명 시스템 선정 및 영상 테스트 - 검사 소프트웨어 구조	- 조명 셋팅 및 실습 - 검사 소프트웨어 구현 실습

* MIL (Matrox Mil Library): Matrox사에서 개발한 상업용 머신비전 라이브러리.

**DCF (Digitizer Configuration Format): 산업용 카메라의 환경설정용 파일.

이얼로그에서는 각 축의 이동상황에 대한 출력 및 영상획득 축의 이동속도(스캔속도)를 설정할 수 있도록 구성되어 있다. 이는 라인스캔 카메라 기반으로 영상을 획득할 때, 스캔 속도가 영상의 품질에 중요한 영향을 미치기 때문이다.

IV. 교육 프로그램

우리의 선행연구에서는 산업체에서 널리 사용되고 있는 라인스캔 카메라 기반의 머신비전 시스템에 대한 교육 프로그램 필요성 및 교육 프로그램을 제안하였다. 제안된 방법은 하드웨어, 소프트웨어, 광학계를 중심으로 구성되어 있으며, 교육 대상자의 수준에 맞춰서 훈련시간이 30시간에서 60시간까지 가변적으로 구성되도록 제안하였다[3,4]. 표 1은 본 실습 장비가 활용되는 교육 프로그램을 나타내고 있다[3,4]. 총 교육시간은 30시간으로 구성되어 있으며, 이론 및 실습 교육에 대해서 각 일차 별 커리큘럼을 나타내고 있다. 머신비전 하드웨어에서는 산업용 카메라 제어 방법과 영상획득을 위한 조명과 광학계를 다루고 있다. 머신비전 시스템은 일반적인 비전 시스템과는 달리 영상획득 환경을 엄격하게 제한하고 영상을 획득한다. 따라서 영상획득 환경을 제어하기 위해서 조명 및 광학계가 매우 중요한 요소이다. 머신비전 소프트웨어는 현재 산업현장에서 널리 사용되고 있는 상업용 영상처리 라이브러리의 사용법에 대해서 다룬다. 국내의 머신비전 시스템 업계에서는 영상처리 알고리즘의 신뢰성 및 연산속도 향상을 위하여 상업용 라이브러리를 많이 사용하고 있다. 따라서 이에 대한 사용법 습득은 매우 중요하다. 머신비전 프로그래밍 기법은 기본적인 프로그래밍 기법 및 대용량 이미지를 다루는 방법에 대해서 다루고 있으며, 이와 같은 내용을 통합하여 머신비전 검사 시스템 구현에 대해서 설명하고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 국내외 산업현장에서 널리 활용되고 있는 라인스캔 카메라 기반의 머신비전 시스템 교육용 실습장비 제작에 관해서 다루고 있다. 선행연구에서 라인스캔 카메라 기반의 교육장비 및 훈련 프로그램의 필요성, 실습장비 설계에 대해서 발표하였으며, 그에 대한 후속연구로 실습장비를 제작하였다. 제작된 실습장비는 실제 산업현장에서 널리 사용되는 X-Y Stage 구조로 제작되었으며, 산업현장에 활용하기에 가장 중요한 광학계 부분을 중심으로 실습을 수행할 수

있도록 구성되었다. 제작된 장비의 구성은 실제 산업용 검사 장비의 구조와 거의 동일하다. 이는 훈련자가 실습교육을 받고, 실무에서 바로 적용 가능함을 의미한다. 따라서 기존의 컴퓨터 비전, 영상처리 과목등과 같이 알고리즘 위주의 교육이 이뤄진 후, 본 교육장비를 이용한 교육이 이뤄진다면 훈련자는 보다 현장 중심적인 교육을 받는 것을 의미한다. 본 논문에서 발표된 시스템은 제조업 QA 엔지니어, 설비 엔지니어 및 자동화 장비 설계 엔지니어, 검사 알고리즘 소프트웨어 개발자 등 다양한 분야의 엔지니어에게 효과적인 교육을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] T. S. Newman and A. K. Jain, "A survey of automated visual inspection," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 61, no. 2, pp. 231-262, 1995.
- [2] M. Shirvaikar, "Trends in automated visual inspection," *Journal of Real-Time Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 41-43, 2006.
- [3] J. Ko and J. Rheem, "A study on technical training of factory automation equipment: a case of automated visual inspection system for quality assurance," in *Proceeding of the KIPPE Conference 2012*, Cheonan, vol. 4, no.1, pp. 72-73, 2012.
- [4] J. Ko and J. Rheem, "Technical training on automated visual inspection system for factory automation quality assurance," *The Journal of Korean Institute for Practical Engineering Education*, vol. 4, no. 2, pp. 91-97, Dec. 2012.
- [5] G. Bebis, D. Egbert, and M. Shah, "Review of computer vision education," *IEEE Transactions on Education*, vol. 46, no. 1 pp. 2-21, 2003.
- [6] P. Corke, "MATLAB toolboxes: robotics and vision for students and teachers," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 14, no. 4, pp. 16-17, 2007.
- [7] B. A. Maxwell, "A survey of computer vision education and text resources," *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 15, no. 5, pp. 757-773, 2001.
- [8] A. Hoover, "Computer vision in undergraduate education: modern embedded computing," *IEEE Transactions on Education*, vol. 46, no. 2 pp. 235-240, 2003.

- [9] J. Ko, X. Mu, and J. Rheem, "Design of technical training equipment for the automated visual inspection system: a case of line scan camera based system," in *Proceeding of the KIPPEE Conference 2013*, Cheonan, vol. 1, no. 1, pp. 1-2, 2013.

고 진 석 (Jin-Seok Ko)

2004년 2월 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 (공학사), 2006년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (공학석사)
2006년 3월 ~ 2009년 6월 : 에이티 아이(주) 기술연구소 주임연구원, 2014년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (공학박사)
2014년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 DSP 및 멀티미디어 연구실 연구원
<관심분야> 머신비전, 패턴인식, 신호처리

무 향 빈 (Xiang-Bin Mu)

2008년 8월 : 중국 산둥대 전자정보과학기술과 (공학학사), 2011년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학석사)
2011년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (박사과정)
<관심분야> 신호처리, 능동소음제어, 음성향상

임 재 열 (Jae-Yeol Rheem)_종신회원

1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사), 1988년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학박사), 1995년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수
<관심분야> 디지털 신호처리, 음성신호처리, 화자인식, 잡음처리, HRD