

공장 자동화 품질관리를 위한 자동 시각 검사 시스템의 기술 훈련

Technical Training on Automated Visual Inspection System for Factory Automation Quality Assurance

고진석*, 임재열**

JinSeok Ko*, JaeYeol Rheem**

요약

제조현장에서 품질검사를 위하여 사용되는 자동 시각 검사 장비는 국내뿐 아니라 일본, 대만 등 LCD 관련 제조사를 포함하여 세계적 제조업 기반 기업들의 공장 자동화 시스템에 주요 장비로 자리 잡고 있다. 자동 시각 검사 장비는 일반적으로 머신비전 시스템이라 부르며, 세계시장에서 머신비전 시스템 컴포넌트 분야에서만 2010년 기준으로 112억 달러에 이르고 2015년에 180억을 돌파할 것으로 예상하고 있으며, 이는 연간 9%의 성장률을 예측하고 있어, 잠재적 시장 가능성이 큰 분야임을 알 수 있다. 그러나 직업전문학교, 대학 등에서는 머신비전 시스템에 대한 교육이 거의 이뤄지지 못하고 있는 상황이다. 본 논문에서는 산업현장에서 널리 사용되는 머신비전과 관련하여 교육의 필요성 및 수요분석 등을 통하여 교육 수요자들이 효과적으로 기술을 습득할 수 있도록 교육훈련 프로그램을 제안하였다. 제안된 방법은 기술 수요자의 수준에 따라서 총 훈련시간이 30시간에서 60시간으로 탄력적으로 운용될 수 있으며, 전공 분야에 따라서 선택적으로 훈련을 받을 수 있도록 구성되었다.

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

ABSTRACT

The automated visual inspection system (machine vision system) for quality assurance is an important factory automation equipment in the manufacturing industries, such as display, semiconductor, etc. The world market of the machine vision components is expected 18 billion dollars in 2015. Therefore, 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 propose a technical training program for the machine vision technology. The total time of training is 30 to 60 hours and the training program can operate flexibly by student's major, a priori knowledge and education level.

* 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (jsko@koreatech.ac.kr)

** 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (rheem@koreatech.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 고진석

교신저자 : 임재열

접수일자 : 2012년 11월 12일

수정일자 : 2012년 12월 7일

확정일자 : 2012년 12월 13일

I. 서론

기계에 인간이 가지고 있는 시각과 판단 능력을 부여한 것을 머신 비전(Machine Vision)이라고 한다. 사람의 시각이 인지하고 판단하는 기능을 하드웨어와 소프트웨어의 시스템이 대신 처리하는 기술로, 제품의 외관에 대한 검사 혹은 측정을 카메라, 영상 보드, 광학기기, 영상처리 소프트웨어 등을 이용해서 수행하게 된다[1]. 이러한 특성으로 인해 머신 비전은 하드웨어, 광학계, 소프트웨어를 통합한 고도의 전문성을 요구하고 있다. 오늘날의 머신 비전은 제조업에서 품질관리 분야에서는 필수적으로 활용되고 있다[2]-[6]. 따라서 이와 관련된 인력의 수요도 날이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 아직까지 국내에서는 공장 자동화를 위한 머신비전과 관련된 훈련프로그램의 연구가 미미한 실정이다.

본 연구에서는 산업현장에서 품질검사를 위하여 필수적으로 사용되는 자동 시각 검사 장비(머신비전 시스템)를 연구, 개발하는 연구원 또는 생산현장에서 직접 장비를 운용하는 오퍼레이터를 대상으로 하는 훈련 프로그램을 제안하였다. 제안된 훈련 프로그램은 라인스캔 카메라를 이용하는 머신 비전 시스템을 이해하는 것을 주된 목표로 하였으며, 이는 영역 카메라(area camera)에 비해서 하드웨어 구성 및 소프트웨어 개발이 매우 복잡하기 때문이다. 따라서 본 논문에서 제안하는 교육훈련은 라인스캔 카메라의 사용법과 이와 관련된 광학계 설정 및 모션 제어 기법을 훈련받을 수 있도록 구성되었으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫 번째로 라인스캔 카메라를 이용한 영상획득 기법을 제안하였다. 라인스캔 카메라를 이용하여 영상을 획득하기 위해서는 카메라가 이동하거나, 영상 획득 대상물이 이동하며 영상을 획득한다. 이를 위해서는 PC 기반 모션제어 기술이 필요하다. 따라서 제안된 훈련 프로그램에서는 라인스캔 카메라의 사용법과 더불어 PC 기반 모션제어 기법에 대해서도 다룰 것이다.

두 번째로 라인스캔 카메라를 이용하여 얻어진 대용량 영상처리를 위한 프로그래밍 기법 및 기본적인 영상처리 기법의 교육훈련을 제안하였다. 라인스캔 카메라를 이용하여 얻어지는 대용량 영상을 효과적으로 처리하기 위한 프로그래밍 기법에 대해서 다루고, 상업용 영상처리 라이브러리에 대해서도 다룬다.

마지막으로 검사에 적합한 영상을 얻기 위한 광학

계의 선정방법에 대한 훈련을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 머신비전 시스템과 관련된 기술의 교육 필요성에 대해서 설명한다. 머신비전 시스템 요소기술 및 국내외 산업현황, 그리고 교육수요에 대한 분석하였다. 제 III장에서는 머신비전 시스템과 관련되는 요소기술을 보다 자세히 분석하고, 이와 관련되는 교육프로그램을 제안하고, 기대효과를 설명하였다. 제 IV장에서는 본 논문의 결론을 다루고 있다.

II. 자동 시각 검사 기술 교육의 필요성

1. 라인스캔 카메라와 머신비전 시스템

머신비전 시스템에서 사용되는 카메라는 전통적으로 많이 쓰이는 VGA 해상도 카메라부터 최근 그 수요가 늘어나고 있는 고해상도, 고속 카메라까지 다양한 영역 카메라 모델들이 있다. 영역 카메라는 사각형 구조의 센서로 이뤄져 있으며, 라인 스캔 카메라에 비해 영상 획득이 쉽고, 개별 부품 또는 비교적 작은 FOV (Field Of View)에 대한 정밀 검사에 주로 사용된다.

기존의 사각형 구조의 센서와는 달리 라인 스캔 카메라의 센서는 하나의 라인, 즉 일직선의 구조를 가지고 있다. 이 센서를 장착한 카메라 본체 혹은 대상체가 수직으로 이동하면서 이차원 이미지를 얻게 된다. 영역 카메라에 비해 고해상도 영상을 매우 경제적이고 효율적으로 구현할 수 있는 장점으로, 고해상도 고정밀도 자동검사에 폭넓게 활용되고 있다.

사각형 모양의 센서를 이용하여 영상획득을 쉽게 수행할 수 있는 영역 카메라에 비해, 라인스캔 카메라는 일직선 구조의 센서 구조로 인하여 촬영 대상물이나 카메라 자체가 움직이면서 영상을 획득해야 한다. 따라서 라인스캔 카메라를 이용하여 영상을 획득하는 것은 하드웨어, 소프트웨어적으로 고려해야 할 사항이 많아지고, 산업현장에서는 이에 대한 교육이 필요한 실정이다.

2. 기술교육의 필요성

표 1은 엔지니어 분야별로 머신비전 교육의 필요성에 대해서 설명하고 있다. 자동화 장비 분야에 종사하는 엔지니어의 학력수준 및 전공별로 구분하였다. 자동화 장비 분야에서 기계공학 계열의 학사, 석사 학위자의 경우 자동화 기구 설계 분야에 종사하는 경우가 많으며, 이때

광학 시스템에 대한 이해가 부족하면 설계 과정에서 수많은 시행착오를 겪게 된다. 전자, 컴퓨터 분야 학사, 석사학위자의 경우, 대부분 소프트웨어 개발과 관련된 업무를 담당하게 되며, 정규 교육과정에서 영상처리, 컴퓨터 비전 등의 과목을 수강하지만, 이는 알고리즘 위주의 수업이며, 실제 기업체 엔지니어들이 담당하게 되는 영상획득 기술, 광학계 설정 방법들에 대한 교육은 이뤄지지 못하고 있다[7][8]. 실업계고 졸업생, 전문학사 학위자의 경우, 제조업체 QA 엔지니어 또는 설비 엔지니어로 종사하는 경우가 많으나, 정규 교육과정에서는 이에 대한 훈련이 전무한 실정이다. 따라서 이에 대한 훈련 프로그램이 필요한 실정이다.

표 1. 엔지니어 분야별 머신비전 교육 필요성
Table. 1. The needs of machine vision training

학력	담당 업무	필요성
기계공학 (학사, 석사)	기구 설계	<ul style="list-style-type: none"> ● 많은 종류의 자동화 장비에 머신비전 광학계가 장착됨. ● 이때 광학시스템의 특성을 이해하지 못하면 설계에서 많은 오류가 발생함. ● 이와 같은 오류로 lens의 focal length등을 고려하지 못하는 경우가 있음.
전자, 컴퓨터공학 (학사, 석사)	영상처리 소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 머신비전 업계에서는 영상처리 알고리즘 연구원이 광학계 셋팅을 담당하는 경우가 대부분. ● 그러나 대학 정규 교육과정에서는 이와 같은 내용을 다루지 않아서 해당업무에 임하였을 때 이에 대한 교육이 필수적으로 필요.
실업계고, 전문학사	제조업 QA 엔지니어	<ul style="list-style-type: none"> ● 머신비전 장비는 대표적인 QA 공정 장비. ● QA 현장에서 널리 사용되는 머신비전에 대해서 이해하는 것은 중요.
실업계고, 전문학사	제조업 설비 엔지니어	<ul style="list-style-type: none"> ● 제조 현장에서 머신비전 장비에서 발생하는 많은 문제점들은 광학계의 셋팅이 틀어지는 등 물리적으로 발생하는 문제들. ● 따라서 이에 대한 내용을 충분히 이해하고 있다면, 문제 발생 시 바로 대응할 수 있는 장점이 있다.

3. 관련기술이 적용된 국내외 산업현황

라인스캔 카메라는 국내뿐 아니라 대만 등 LCD 관련 제조사를 포함하여 세계적 기업의 비전 시스템에 주요 장비로 자리 잡고 있다[1]. 국내 머신비전을 이용한 자동화 장비 업계에서는 다양한 분야에 라인스캔 카메라를 적용하고 있다. PCB, Wafer, Display 분야뿐만 아니라, LED, 태양전지, 철강, 목재, 제지 산업 등 다양한 제조업에서 라인스캔 카메라를 적용한 검사 장비를 활용하고 있다[2]-[6]. 국외 머신비전을 이용한 장비 업체 중, 국내 반도체 업계에서 높은 시장점유율을 보이고 있는 업체들도 대부분 라인스캔 카메라를 활용하고 있다[9].

KLA-Tencor, Uteckzone, Overtech 등 전 세계 머신비전 업계의 상위 업체들도 모두 라인스캔 카메라를 이용한 검사 장비들을 시장에 출시하고, 활발히 판매하고 있다[10]. 미국 시장조사회사 BBC Research의 보고서 “Machine Vision: Technologies and Global Markets”에 따르면 세계시장에서 머신시스템 컴포넌트 분야에서만 2010년 기준으로 112억 달러에 이르고 2015년에 180억을 돌파할 것으로 예상하고 있으며, 이는 연간 9%의 성장률을 예측하고 있어, 잠재적 시장 가능성이 큰 분야임을 알 수 있다[1].

4. 교육수요 분석

머신비전 시스템 기술은 사회 및 산업이 고도화됨에 따라서 자동화생산설비에 꼭 필요한 기본 장비 및 시스템 분야가 될 것이며, 이에 따른 직업훈련분야, 산업체 분야 등의 교육수요 요구는 매우 클 것으로 예상되고 있으나, 현재 이러한 분야의 제대로 된 교과서, 실험실습서 등을 개발하여 운영하는 실무적 교육과정의 개설은 예상수요에 비하여 매우 미비한 것으로 파악된다. 다음은 각 분야별로 교육수요를 분석한 내용이다.

◆ 직업훈련분야

직업훈련 분야 교육수요 중 많은 부분이 공장 자동화에 필요한 교육수요이므로, 자동화 생산설비의 핵심장비 및 시스템이 될 것으로 예상되는 머신비전에 대한 교육수요는 앞으로 시장 확대와 더불어 중요해질 것으로 예상되어, 꾸준히 증가되는 교육수요

가 예상된다.

◆ 특성화고/마이스터고 대상

현재, 머신비전과 관련된 마이스터고등학교 등의 학과는 자동화시스템, 메카트로닉스, 반도체 장비 등으로 예상되며, 여기에 해당되는 마이스터 고등학교 및 학과는 아래와 같다.

표 2. 머신비전 교육수요 예상 마이스터 고등학교
Table 2. Expected meister high schools in need of machine vision training

마이스터고	지역	특성화 분야	해당학과
동아 마이스터고	대전	전자 기계	자동화시스템과
수원 하이텍고	수원	메카트로닉스	자동화시스템과
충북 반도체고	충북	반도체 장비	반도체기계/ 반도체전자

시장전망에 따라, 향후 머신비전에 대한 산업체 요구가 증가될 경우, 관련학과가 인접학과까지 확대될 것으로 기대되며, 그럴 경우, 현재보다 더 많은 마이스터고 및 특성화고에서의 머신비전에 대한 교육수요가 증가될 것으로 예상된다.

◆ 산업체 분야

현재 국내에서는 라인스캔 카메라와 관련된 교육을 수행하는 기관은 (주)엔비전을 제외하고는 전무한 실정이다[9]. 그러나 산업계에는 이미 라인스캔 카메라를 활용한 머신비전 시스템들이 널리 보급되어 있어서 이와 관련된 인력들의 수요는 꾸준한 편이다. 라인스캔 카메라를 이용한 머신비전 시스템 교육의 주된 대상은 머신비전 검사 장비를 개발하는 업체의 신입 엔지니어, 대기업 제조업체의 품질검사 파트 설비 엔지니어를 주 대상으로 볼 수 있다. 그 외에도 광학계가 포함되는 장비를 설계해야 하는 설계 엔지니어, 장비 유지보수를 담당하는 필드 서비스 엔지니어에게도 적합한 교육이 될 것이다.

III. 머신비전 시스템과 관련된 기술 분석 및 교육 프로그램 제안

1. 요소기술 분석

머신비전 시스템의 요소 기술에는 아래 표 3과 같

이 하드웨어, 소프트웨어 그리고 광학계로 구분할 수 있다.

표 3. 요소기술 소개
Table 3. Introduction of core technologies

항목	내용
소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> 라인스캔 영상 데이터 획득 알고리즘 대용량 영상(1GB 이상) 처리를 위한 고속 알고리즘 불량검사를 위한 검사 알고리즘
광학계	<ul style="list-style-type: none"> 카메라와 렌즈 다양한 검사체 표면에 대응 가능한 조명 모듈 (돔, 동축, 면 조명)
하드웨어	<ul style="list-style-type: none"> 라인스캔카메라 등속이동 정밀 구동축 검사대상물 이동 정밀 구동축

소프트웨어는 제어 소프트웨어와 대용량 영상처리 소프트웨어로 구분한다. 모션제어 소프트웨어는 전체 시스템을 운용하며, 동시에 영상처리 소프트웨어와 통신하여 영상을 획득하기 위한 시스템 제어를 담당한다. 영상처리 소프트웨어는 영상을 획득하고, 처리를 담당한다. 특히 라인스캔 카메라로 획득되는 영상의 크기는 수백MB에서 수GB로 매우 큰 크기를 갖는다. 따라서 기존의 프로그래밍 기법을 이용할 경우, 처리 속도가 매우 느려서 실시간으로 사용하기 불가능하다. 따라서 이와 같은 대용량의 영상 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 프로그래밍 최적화 기법에 대한 내용이 훈련프로그램에 포함되어야 한다.

광학계는 카메라와 렌즈, 그리고 조명모듈을 의미하며, 검사 대상물의 다양한 표면에 대응이 가능하도록 다양한 구조의 조명 모듈을 포함한다. 특히 라인스캔 카메라의 센서 구조가 한 라인으로 구성된 특성을 이용하여 조명의 구조를 실험적으로 구현해야 하는 특징을 가지고 있다.

하드웨어는 검사 대상물 및 라인스캔 카메라를 등속도로 이동시켜주는 정밀 구동축으로 다음과 같은 사항을 고려해야 한다. 우선 정밀 구동축에서는 이송부, 서보모터, 서보드라이브, 모션제어기, 전장부 총 5가지로 구성된다. 이때 정밀 구동축은 획득된 영상에서의 픽셀 해상도를 고려하여 정밀도를 선정하게 된다. 고해상도 영상을 활용해야 하는 경우, 높은 정밀도를 요구하며, 이때 구동축의 구조, 모션제어기 그리고 제어 방법에 의해서 영상의 품질이 좌우된다. 따라서 훈련 프로그램에는 이와 같은 내용들이 모두 포함되어야 한다. 그림 1은 머신비전 시스템과 각각의 요소기술별 훈련 내용을 나타내고 있다.

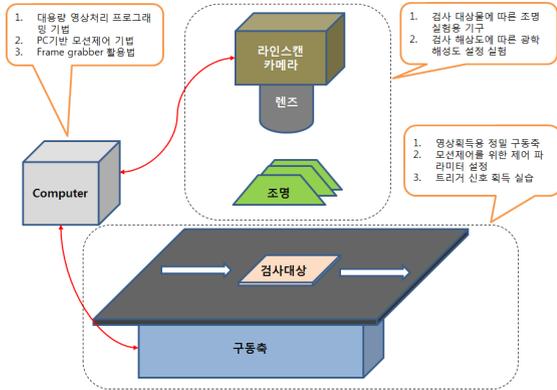


그림. 1. 머신비전 시스템과 요소기술
Fig. 1. Machine vision system and core technologies

2. 교육 프로그램 제안

산업체에서 널리 사용되고 있는 라인스캔 카메라를 활용한 머신비전 시스템에 대해서 필수적으로 교육해야 하는 항목은 다음과 같다[11].

- ① 머신비전 시스템에 대해서 이해하고, 라인스캔 카메라를 이용한 영상획득 기법에 대해서 이해한다.
- ② 광학검사 대상물에 적합한 라인스캔 카메라 및 검사 조명 선정 기법에 대해서 이해한다.
- ③ 라인스캔 카메라를 이용한 영상처리 프로그래밍 기법에 대해서 학습한다.
- ④ MIL 영상처리 라이브러리를 이용한 검사 프로그램 구현 기법을 익힌다.

교육시간은 최소 30시간에서 60시간 이상 변동 가능하며, 마이스터고 또는 초급 엔지니어 대상 교육의 경우, 조명 선정 실습 및 기구부 셋팅에 주된 교육의 초점을 맞추도록 한다(30시간 기준). 기업체 엔지니어 또는 중급 엔지니어 대상 교육의 경우, 기본적인 머신비전 이론과 더불어 광학계 및 대용량 이미지 처리 프로그래밍 기법에 대해서 심도 있는 강의 진행하도록 한다(60시간 기준). 표 4와 5는 본 논문에서 제안하는 교육 프로그램의 시간표 및 교육내용을 나타내고 있다.

3. 기대효과

제안된 교육 프로그램은 교육대상 및 수준에 따라 1주 (30시간) 및 2주 (60시간) 프로그램으로 구성되어 있으며, 광학계 하드웨어 소프트웨어들 다 다루고

있어 체계적인 머신 비전 시스템 교육이 이루어질 수 있도록 구성되어 있다. 물론 난이도나 필요성 등에 의해서 현장에서 적절히 조절하여 교육하는 것도 가능하리라고 보나, 균형 있는 교육을 위해서 전체적인 구성은 유지되어야 할 것으로 보인다.

국내에서는 라인스캔 카메라를 활용한 머신비전 시스템이 보급이 늘어가는 중에 있으나, 이에 대한 교육을 수행하는 기관은 (주)엔비전을 제외하고는 전무한 실정이기 때문에[9], 늘어나는 보급률에 따라 교육수요의 증가는 필수적이어서 이에 맞는 교육과정의 개설은 필수적이라 할 수 있다. 이에 따라 본 논문에서 제안한 교육 프로그램 내용이 효율적으로 활용될 것으로 기대된다.

표 4. 시간표 및 교육내용 (30시간 기준)
Table 4. Time table and training contents

일차	주제	이론	실습
1 (6시간)	머신비전 소개	<ul style="list-style-type: none"> 머신비전이란? 관련기술 소개 	<ul style="list-style-type: none"> 라인스캔 카메라를 통한 영상획득
2 (6시간)	머신비전 하드웨어	<ul style="list-style-type: none"> 카메라 소개 조명과 광학계 프레임 그래버 CCD & CMOS 센서 	<ul style="list-style-type: none"> 프레임 그래버 실습 카메라와 통신 방법 카메라 제어 명령 실습 트리거 신호를 이용한 영상획득 실습
3 (6시간)	머신비전 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> MIL* library 소개 MIL 설치 및 설정방법 MIL의 구조 및 세부기능 	<ul style="list-style-type: none"> DCF** 설정 방법 MIL 실습
4 (6시간)	머신비전 프로그래밍 기법	<ul style="list-style-type: none"> MFC 프로그램 기초 대용량 이미지 획득 기법 대용량 이미지 출력 기법 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 이미지 획득 실습 대용량 이미지 출력 실습 MIL Programming 실습
5 (6시간)	머신비전 검사 시스템 구현	<ul style="list-style-type: none"> 검사 대상에 따른 조명 시스템 선정 및 영상테스트 검사 소프트웨어 구조 	<ul style="list-style-type: none"> 조명 셋팅 실습 검사 소프트웨어 구현 실습

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

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

표 5. 시간표 및 교육내용 (60시간 기준)
Table 5. Time table and training contents

일차	주제	이론	실습
1 (6시간)	머신 비전 소개	<ul style="list-style-type: none"> 머신비전이란? 관련기술 소개 	<ul style="list-style-type: none"> 라인스캔 카메라를 통한 영상획득
2, 3 (12시간)	머신 비전 하드웨어	<ul style="list-style-type: none"> 카메라 소개 조명과 광학계 프레임 그레버 CCD & CMOS 센서 	<ul style="list-style-type: none"> 프레임 그레버 실습 카메라와 통신 방법 카메라 제어 명령 실습 트리거 신호를 이용한 영상획득 실습
4, 5 (12시간)	머신 비전 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> MIL* library 소개 MIL 설치 및 설정방법 MIL의 구조 및 세부기능 	<ul style="list-style-type: none"> DCF** 설정 방법 MIL을 이용한 영상획득 MIL을 이용한 영상처리
6, 7, 8 (18시간)	머신 비전 프로그래밍 기법	<ul style="list-style-type: none"> MFC 프로그래밍 기초 대용량 이미지 획득 기법 대용량 이미지 출력 기법 영상처리 및 불량검사 알고리즘 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 이미지 획득 실습 대용량 이미지 출력 실습 MIL Programming 실습 영상처리 및 불량검사 알고리즘
9, 10 (12시간)	머신 비전 검사 시스템 구현	<ul style="list-style-type: none"> 검사 대상에 따른 조명 시스템 선정 및 영상테스트 검사 소프트웨어 구조 	<ul style="list-style-type: none"> 조명 셋팅 실습 조명구조에 따른 영상효과 확인 실습 검사 소프트웨어 구현 실습

* MIL(Matrox Mil Library): Matrox社에서 개발한 산업용 머신비전 라이브러리.

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

IV. 결론

본 논문에서는 국내의 산업현장에서 수요가 많은 라인스캔 카메라를 이용한 머신비전 시스템의 훈련 프로그램에 대해서 다루고 있다. 각 분야별로 훈련 프로그램의 수요에 대해서 조사하였으며, 훈련 수요자의 분야별, 수준별 훈련 내용에 대해서 제안하였다.

제안된 훈련 프로그램은 마이스터고 또는 초급 엔지니어 대상 교육의 경우, 조명 선정 실습 및 기구부 셋팅에 주된 교육의 초점을 맞추도록 한다. 기업체

엔지니어 또는 중급 엔지니어 대상 교육의 경우, 기본적인 머신비전 이론과 더불어 광학계 및 대용량 이미지 처리 프로그래밍 기법에 대해서 심도 있는 강의 진행하도록 한다. 제안된 방법은 기술 수요자의 수준에 따라서 총 훈련시간이 30시간에서 60시간으로 탄력적으로 운용될 수 있으며, 전공 분야에 따라서 선택적으로 훈련을 받을 수 있도록 구성되었다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] BBC Research, "Machine Vision: Technologies and Global Markets", BBC Research, 2007.
- [2] X. G. Qi and C. S. Shen, "Research and Application of Coordination Controller in Web Inspection System (WIS)", Advanced Materials Research, vol 562, pp. 1832 - 1835, 2012.
- [3] J. C. Zhang, W. B. Li and C. H. Lu, "Research of Inspection System Based on Machine Vision for Steel Rod Surface Defects", Advanced Materials Research, vol 418, pp. 1878 - 1881, 2012.
- [4] Norton-Wayne, L., M. Bradshaw, and A. J. Jewell. "Machine vision inspection of web textile fabric." In Proceedings of the British Machine Vision Conference, pp. 217-226. 1992.
- [5] Godber, Simon X., and Max Robinson. "Machine vision using line-scan sensors." In Applications in Optical Science and Engineering, pp. 114-130. International Society for Optics and Photonics, 1992.
- [6] Soini, Antti. "Machine vision technology take-up in industrial applications." In Image and Signal Processing and Analysis, 2001. ISPA 2001. Proceedings of the 2nd International Symposium on, pp. 332-338. IEEE, 2001.
- [7] G. Bebis, D. Egbert and M. Shah, "Review of computer vision education", Education, IEEE Transactions on, vol 46, no. 1, pp. 2 - 21, 2003.

[8] A. Hoover, "Computer vision in undergraduate education: Modern embedded computing", Education, IEEE Transactions on, vol 46, no. 2, pp. 235 - 240, 2003.

[9] (주)엔비전, "<http://www.envision.co.kr/>"

[10] KLA-Tencor, "<http://www.kla-tencor.com/>"

[11] 고진석, 임재열, "공장 자동화 장비 기술 훈련에 관한 연구: 자동 시각 검사 장비를 위주로", 2012년 한국실천공학교육학회 학술발표대회 논문집 vol. 4, no.1, pp. 72-73

고진석 (Jin-Seok Ko)



2004년 2월: 한국기술교육대학교
정보기술공학부 (공학사)
2006년 2월: 한국기술교육대학교
전기전자공학과 (공학석사)
2006년 3월~2009년 6월: 에이티
아이(주) 기술연구소 주임연구원
2009년 9월~현재: 한국기술교육

대학교 전기전자통신공학과 박사과정
<관심분야> 머신비전, 패턴인식, 신호처리

임재열 (Jae-Yeol Rheem) 중신회원



1986년 2월 : 서울대학교 전자
공학과 (공학사)
1988년 2월 : 서울대학교 전자
공학과 (공학석사)
1995년 2월 : 서울대학교 전자
공학과 (공학박사)
1995년 9월~현재 : 한국기술교육

대학교 전기전자통신공학부 교수
<관심분야> 디지털 신호처리, 음성신호처리, 화자
인식, 잡음처리, HRD