

# 원격 컴퓨터 비전 실습 사례연구

## (A Case Study on Remote Computer Vision Laboratory)

이 성 열\*

(Sung-Youl Lee)

**요 약** 본 연구에서는 영상처리 및 패턴인식기법의 온라인 교육을 위한 컴퓨터 비전 실습에 대한 사례 연구를 다룬다. 컴퓨터 비전 실습내용은 원격 영상획득방법, 기초 영상처리 및 패턴인식방법, 렌즈 및 조명 선택방법, 통신을 포함한다. 본 연구는 원격 학습환경에서의 컴퓨터 비전 실습교육에 대한 사례연구로써, 원격 실습환경 구축방법과 영상처리 실습사례들이 소개되었다. 인터넷 환경구축보다는 원격 환경에 적합한 컴퓨터 비전실습 내용과 방법에 본 연구의 주안점을 두었다. 마지막으로, 온라인 컴퓨터 비전실습을 향상시킬 수 있는 방법과 추후연구과제를 제안하였다.

**핵심주제어:** 온라인 실습, 컴퓨터 비전, 원격학습, 영상처리

**Abstract** This paper describes the development of on-line computer vision laboratories to teach the detailed image processing and pattern recognition techniques. The computer vision laboratories include distant image acquisition method, basic image processing and pattern recognition methods, lens and light, and communication. This study introduces a case study that teaches computer vision in distance learning environment. It shows a schematic of a distant learning workstation and contents of laboratories with image processing examples. The study focus more on the contents of the vision Labs rather than internet application method. The study proposes the ways to improve the on-line computer vision laboratories and includes the further research perspectives.

**Key Words :** on-line laboratory, computer vision, distance learning, image processing

### 1. 개 요

컴퓨터와 인터넷의 획기적인 발달과 더불어 지난 10여년간 전세계적으로 온라인 원격러 학습환경의 구축에 대한 다양한 시도가 발표되고 있다.<sup>[1,2]</sup> 이러한 추세에 발맞추어 미국 N주에 소재한 U와 N대학에서도 ‘원거리 교육기회의 강화를 위한 실시간 온라인 공학실습 개발’이라는 표제아래 지난 2003년 이래 3년간 공동 프로젝트가 진행 중에 있다.<sup>[3,4]</sup> 본 연구는 위의 프로젝트

중 공장자동화 추세에 따라 그 수요가 급증하고 있는 컴퓨터 비전 실습 콘텐츠 개발에 대한 실습사례연구를 중심으로 요약하였다.

본 사례는 지난 2004년 가을 학기에 N대학에서 개발되고 실습된 내용을 다룬다. 사용된 비전 카메라는 DVT사의 630모델이

이용되었으며, 영상 피드백을 위해 Vanguard사의 X10 카메라도 같이 이용되었다. 본 연구의 주 목적은 학생들이 언제 어디서나 시간과 장소에 구애없이 컴퓨터 비전 실습을 할 수 있는 원격 실습환경을 구축하는데 두었다.<sup>[5]</sup>

\* 관동대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수

## 2. 시스템 구조

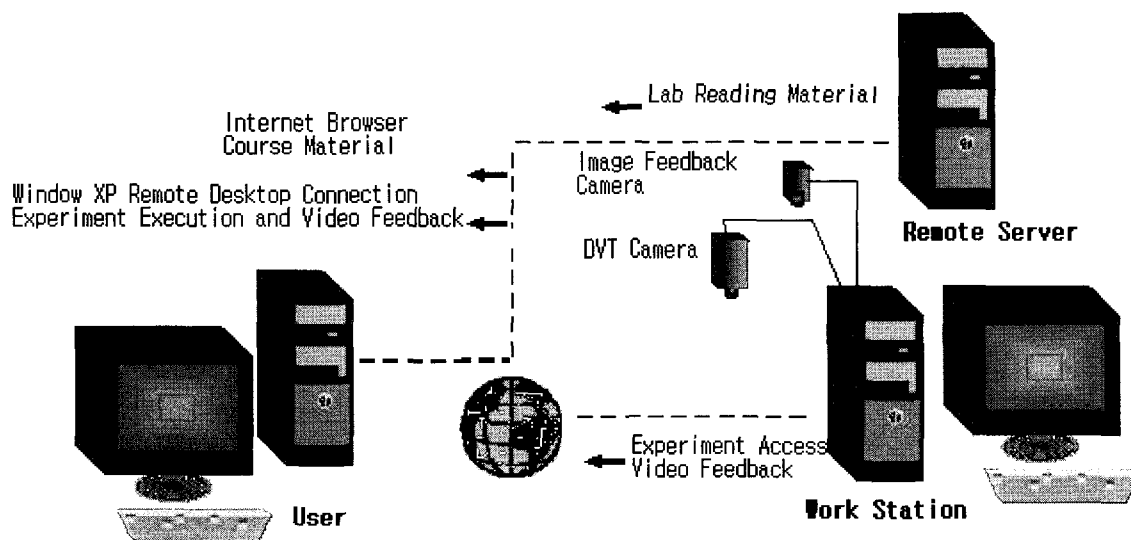
원격 컴퓨터 비전 시스템을 구축하기 위한 기본적인 구성요건은 일반적으로 4개의 서브시스템으로 나눌 수 있다: (1) 비전 서버 PC : 영상처리 소프트웨어 탑재, 비전 카메라 및 영상 피드백 카메라를와의 인터페이스

(2) 비전 시스템 : 비전 카메라, 조명 (3) 데이터 저장 PC : 실습 매뉴얼, 실습 영상 데이터 저장 (또는 비전 서버 PC에 포함할 수도 있음) (4) 사용자 PC : Client-Server 구성에서 Client 용 PC.

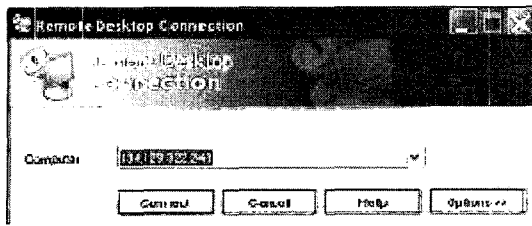
<그림 1>은 실습 셋업의 전체 구성도를 보여 준다. 비전 시스템은 3부분으로 구성되었다: DVT 카메라, 영상 피드백 카메라 (Vanguard 카메라), 조명 등과 인터넷이 연결되어 있는 서버 PC (Work station), 윈도우 XP의 '원격 데스크톱 연결' 기능을 이용하여 서버에 연결할 수 있는 사용자 PC와 실습 매뉴얼 등을 저장하고 있는 교내 인트라넷에 연결되어 'Black board'란 e-learning 소프트웨어를 통해 액세스가 가능한 별도의 서버 PC (Remote server)로 구성되어 있다. 이와 같은 client-server 구조는 사용자 입장에서는 개별적으로 실습을 할 수 있고, 시스템 구축자 입장에서는 실습내용 수정시 서버에서만 필요한 수정을 하면 되므로 확장에 큰 융통성을 허용한다.

Vanguard X10 CCD 카메라가 실시간 영상 피드백을 위해 이용되었다. 이것은 플럭-인이 필요없이 서버 PC에 설치되어 사용자에게 비전 실습을 실시간으로 보여 주는데 이용되었다. 이 실습 모니터링 카메라의 특징은 마우스 클릭에 의해 원격으로 줌인, 줌아웃, 틸트 (tilt) 조정이 가능하여 사용자의 필요에 따라 실습결과 확인은 물론 조명셋업 등 실습주변 환경을 세밀하게 관찰할 수 있는 기능을 갖고 있다. 또한 X10 카메라의 업그레이드된 버전에서는 카메라에 인터넷 IP 주소를 할당할 수가 있어서 실습에 직접 참여치 않는 다수의 이용자가 인터넷을 통해 실습광경을 모니터링 할 수 있어서 현장실습의 물리적 공간제약을 해소 시킬 수 있다.

사용자 인증과 기존 사용자와 새로운 사용자 사이의 사용승인 절차, 영상 피드백은 모두 서버 PC의 윈도우 XP에서 제공되는 '원격 데스크톱 연결' 기능을 이용하여 처리하였다. <그림 2>에 보여지는 것처럼, 사용자는 원격지에서 사용자 PC의 '원격 데스크톱 연결' 기능을 이용하여 적절한 IP 주소를 입력한 후, 주어진 로그인 ID와 패스워드를 입력하면, 서버에 연결될 수 있다. 이때 기존 사용자가 이미 이용중이란 메시지가 나오지 않으면, 접속이 가능하고 그렇지 않으면, 다른 시간에 다시 접속을 시도할 수 있다.

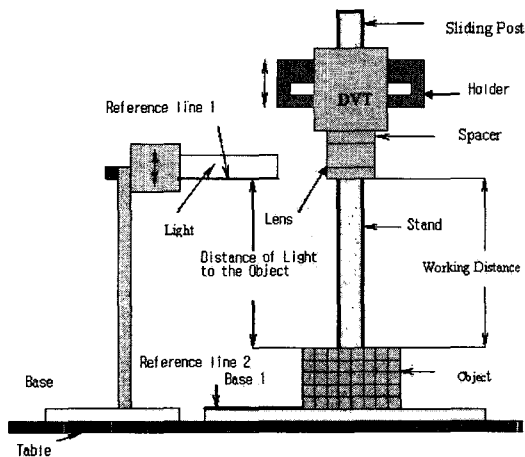


<그림 1> 원격 컴퓨터 비전 실습 네트워크 구성도



<그림 2> '원격 데스크톱 연결' 윈도우

이러한 연결구조는 원거리에 있는 사용자가 일단 원격서버에 연결되면 마치 원격서버 앞에 앉아서 이용하는 것과 똑같은 효과를 가질 수 있다. 네트워크 또는 시스템 에러가 발생되어 연결이 끊어지더라도 사용자는 그때까지의 작업 내용을 사용자 PC 또는 원격 PC에 저장할 수 있어서, 나중에 다시 작업을 계속할 수가 있다. 하지만, 원격연결에서 오는 약간의 시간지연이 발생할 수 있다. <그림 3>은 비전 시스템에서의 DVT 카메라, 렌즈, 조명의 배치도를 보여준다. 사용자는 서버 PC에 설치되어 있는 DVT사에서 무상으로 제공되는 영상처리 소프트웨어인 'FrameWork'를 통하여 DVT 카메라에 액세스할 수 있다.



<그림 3> DVT 카메라 워크스테이션 배치도

### 3. 원격기반 컴퓨터 비전 실습 환경 개발 지침 및 운영방법

단순히 서버에 저장된 콘텐츠를 이용하는 보통의 e-learning과는 달리 서버에 연결된 하드

웨어의 원격조정을 수반하는 e-laboratory는 원활한 원격실습환경 개발을 위해 다음과 같은 사항들이 고려되어야 할 것이다:

- 1) 그림 파일의 저용량 저장방식 도입
- 2) 접속 용이성
- 3) 고장시 대책
- 4) 실습 사전 준비 점검
- 5) 체계적 실습 매뉴얼

본 연구에서는 모든 그림파일의 저장양식은 인터넷 상에서의 원활한 입출력을 고려하여 jpeg 양식을 이용하였다. 시스템의 접속은 윈도우 XP의 '원격 데스크톱 연결' 기능을 이용하여 별도의 통신 프로그램의 요구를 없앴다.

실습장비의 고장으로 인한 유희시간을 최소화 하기 위해, 학생들과 사전에 약속된 실습시간대에는 실습조교를 서버가 있는 실습실에 상주시켜서 기기 고장시에 신속한 조치가 가능하게 하였으며, 그 이외의 시간의 실습에 관련된 질문 또는 고장에 대한 신속한 대처를 위해 실습학생들은 실습상의 문제가 발생할 경우 지도교수에게 이메일로 문의하면 24시간 이내에 답변을 받을 수 있도록 지도교수는 이메일을 하루에 1차례 이상 확인하였다.

또한 실습학생이 충분한 실습준비가 되어 있는지의 판단을 위해, 모든 실습학생들은 개별적으로 별도의 서버에 문제은행식으로 사전에 준비된 실습에 관련된 문제들에 대한 시험을 거쳐서 일정점수가 얻어 지면 실습에 참여할 수 있도록 제한하였다. 이때, 시험을 준비하는 학생들은 별도의 서버에 올려져 있는 체계적으로 정리된 실습매뉴얼을 수시로 탐독하도록 하여, 실습에 대한 사전지식을 갖도록 하였다.

### 4. 컴퓨터 비전 실습 콘텐츠

컴퓨터 비전 실습의 핵심은 영상처리 방법과 렌즈 및 조명 선정방법이라고 할 수 있다. 그러므로, 본 실습에서는 영상처리방법을 기초 및 고급으로 2단계로 실시하였으며, 렌즈 및 조명 선정에 대한 실습은 렌즈 및 조명 선정에 큰 영

향을 주는 5개의 대표적인 매개변수를 선정하여 사전에 243개의 영상조합을 촬영 후 저장하여 이용하였다.

컴퓨터 비전 실습은 실제 DVT 카메라와의 직접적인 연결없이도 사전에 저장된 영상화일을 이용하여 DVT 전용 영상처리 소프트웨어인 FrameWork가 제공하는 다양한 영상처리 기능들을 체험할 수 있는 DVT 에뮬레이터 (Emulator) 프로그램 익히기로 시작된다. 일단 에뮬레이터의 이용에 익숙해지면 translate, rotate, find, measure, template match, communication 등의 전형적인 영상처리 기능들을 실습하고 마지막으로 사용자의 필요에 부합하는 적합한 영상을 얻는데 치명적인 역할을 하는 조명과 렌즈 선정 및 사용법에 대한 실습을 포함하였다.

DVT 에뮬레이터 프로그램 덕분에 실습 편의상 미리 저장된 영상화일들을 이용하여 대부분의 실습을 진행할 수 있어서, 장비실습중 발생할 수 있는 기기고장 등의 유지 보수시간을 크게 절감할 수 있었다. 실습 콘텐츠는 지도교수에 따라 다양한 내용을 포함할 수 있겠지만, 본 논문에서는 다음과 같은 대표적인 몇 가지 간단한 실습사례만 소개한다.

#### 4.1 Lab 1 - DVT 에뮬레이터

이 첫 번째 실습의 목적은 DVT 에뮬레이터의 사용법을 익히는데 두었다. 실습을 통해 학생들은 하드 디스크에 저장된 영상과 Vanguard 카메라로 촬영된 영상을 해석하는 경험을 얻을 수 있게 된다. FrameWork는 소프트웨어를 이용하여 저장된 영상파일을 처리하는 에뮬레이터 프로그램을 포함하고 있다. 학생들은 이 에뮬레이터 소프트웨어를 습득함으로써 실제의 카메라 영상처리를 담당하는 FrameWork 소프트웨어에 대한 간접 경험을 할 수 있다.

**실습과제:** 원거리에서 비전 시스템 서버에 설치된 Vanguard 카메라를 조정하여 실습실내에 설치되어 있는 SCORBOT ER VII 로봇을 찾아서 그 영상을 DVT FrameWork에 적합한 파일 양식으로 저장하고, 에뮬레이터의 SID (Sample

Image Display) 화면에 불러낸 후 그때의 화면을 스크린 캡처하여 제출하시오.

#### 4.2 Lab 2 - DVT 기본 소프트웨어 실습

이 실습의 목적은 DVT 기본 소프트웨어들 (SoftSensors)의 영상처리 기능들을 익히는데 있다. 이 실습을 통해 학생들은 Translation, Rotation, EdgeCount, FeatureCount 등의 영상처리 기능들에 대한 실습을 저장된 영상을 이용하여 경험할 수 있다.

**실습과제:** EdgeCount 소프트웨어를 이용하여, 다음 별영상의 모서리수를 찾으시오.

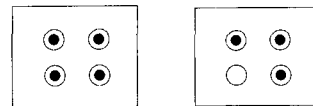


<그림 4> 별영상

#### 4.3 Lab 3 - DVT 고급 소프트웨어 실습

이 실습의 목적은 실제응용가능성이 높은 추가적인 소프트웨어에 대한 경험을 갖는데 둔다. 이 실습을 통해 학생들은 저장된 영상을 이용하여, Measurement, Math, Template Matching 소프트웨어에 대한 경험을 갖게 된다.

**실습과제:** Blob Tools 소프트웨어를 이용하여, lab3-001 영상은 PASS, lab3-002 영상은 FAIL이 되도록 검사시스템을 설계하시오.



(a) Lab3-001 (b) Lab3-002

<그림 5> Lab3-001와 lab3-002 영상들

#### 4.4 Lab 4 - 렌즈 및 조명 실습

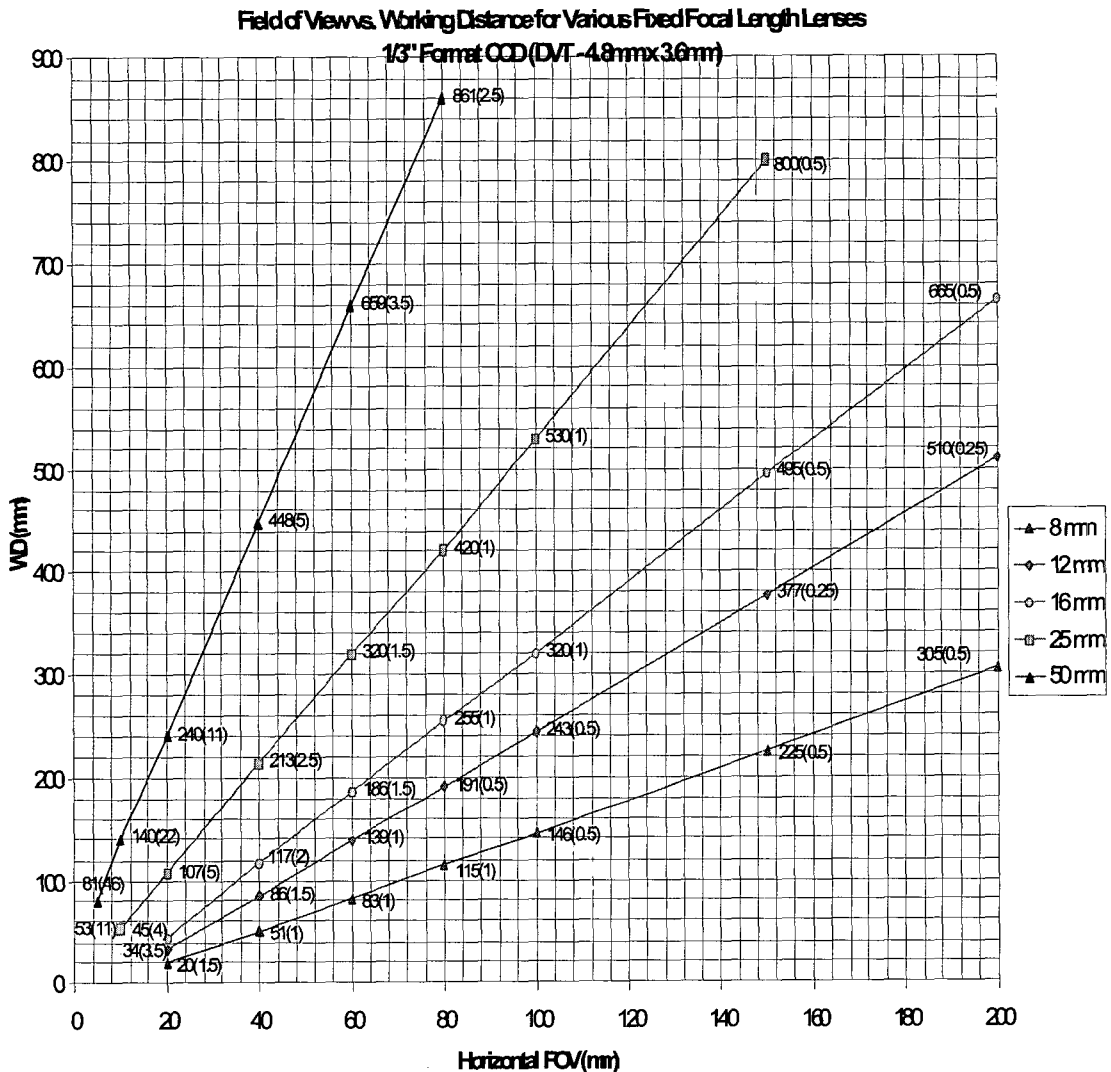
이 실습의 목적은 검사를 위한 양질의 영상을

얻기 위해 필수적으로 요구되는 최적 조명, 카메라 렌즈의 선택 및 이용방법을 익히는데 있다. 개념적으로는 영상의 배경과 관심물체사이의 대조를 극대화시킬 수 있는 매개변수들을 찾는 문제이다. 이러한 매개변수들이 찾아졌을 때만이 DVT 카메라가 자동검사를 성공적으로 수행하게 될 것이다.

이 실습을 통해, 학생들은 최적 대조뿐만 아니라, 최적 WD (Working Distance), FOV (Field Of View), 그리고 FL (Focal Length) 등의 매개변수들을 적절한 렌즈, 스페이서, 조명을 이용하

여 어떻게 얻을 수 있는지를 경험하게 된다. 이 특정실습을 위해 다음의 5개의 매개변수들 각각에 대해 3종류씩 모두 243 (3x3x3x3x3)개의 영상조합들이 사전에 준비되어 5개의 매개변수에 대한 코드명으로 저장되었다 <그림 8>; 즉, type of light, angle of light, distance of light to the object, focal length, 그리고 working distance.

렌즈선택을 위해 식 (1) 또는 <그림 6> 실험표가 이용되었다.



<그림 6> FOV, WD, f 사이의 관계도

자료: Phil Taylor, DVT forums site

$$f = h \times (WD / FOV) \dots\dots (1)$$

여기서,

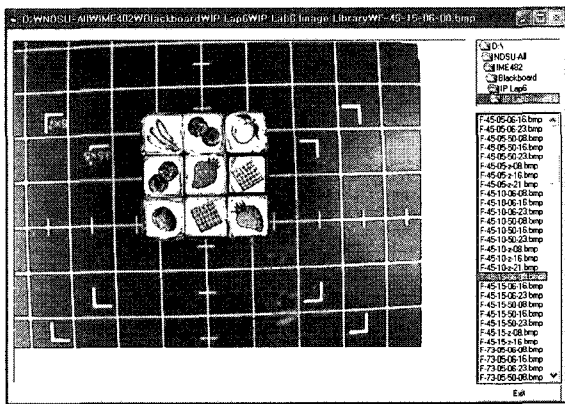
f = 렌즈의 초점거리

h = CCD 칩의 수평길이

WD = 렌즈와 물체사이의 거리

FOV = 검사물체의 수평길이

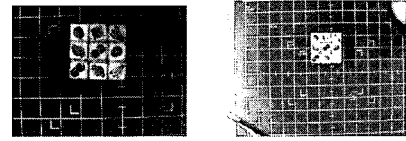
또한 이러한 영상들의 검색을 돕기 위하여, 별도의 영상검색 프로그램도 Visual Basic 언어로 개발되었다. <그림 7>



<그림 7> BMPviewer 영상검색 프로그램 화면

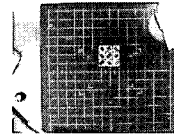
**실습과제:** 현실적으로 영상획득절차는 반복적인 시행착오를 통해 얻어진다. 이러한 현실적인 문제를 최소화하기 위해, 보통 이 절차를 다음의 두 단계로 접근한다: 1) 렌즈 선정 2) 조명. 그러므로, 이 실습은 루브 입방체의 각 면상에 있는 9개의 과일 각각을 인식할 수 있을 정도의 충분한 정밀도 (resolution)의 영상을 얻는데 요구되는 WD를 만족하는 3종류의 초점거리 (6mm, 50mm, zoom)의 렌즈중 최상의 하나를 선택하는 문제이다. 그때, 3종류 (표준 원형 형광등, 고주파 형광등, 빨강 LED)의 조명중 최상의 하나를 선정하고, 적합한 조명과 물체사이의 거리, 조명각도를 결정해야 한다.

렌즈 방정식을 이용하여 렌즈 및 WD (또는 FOV)를 선정한 후 영상 검색 프로그램을 이용하여 그때의 최적영상을 찾으시오.

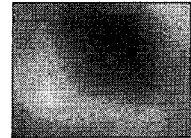


(a)H-90-7.2-06-08

(b)H-90-7.2-06-16



(c)H-90-7.2-06-23



(d)H-90-7.2-50-08



(e)H-90-7.2-50-16

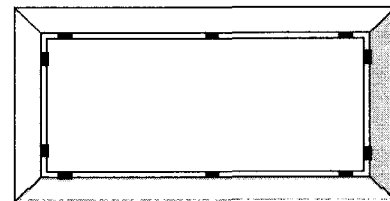


(f)H-90-7.2-50-23

<그림 8> 최상의 영상 예 (a) 고주파 형광조명-조명각도 90°-조명과 물체거리 7.2"-초점거리 6mm-렌즈와 물체거리 8"

#### 4.5 학기말 프로젝트 사례

어느 창문 생산공장에서는 창문의 유리와 창틀 사이에 끼워져 유리를 지지하는 블록삽입작업을 자동으로 검사하는 컴퓨터 비전시스템을 구축할 계획이다.



<그림 9> 창틀, 유리, 블록배치도

이때, 아래의 3 항목의 검사를 수행하는 검사시스템을 설계하시오:

1. 블록삽입 위치 검사
2. 블록이 삽입되었으면, 블록이 요구되는 위치에서 좌우 1/2" 사이에 있는지 검사.
3. 틈 크기검사 - 블록이 있으면, 블록 끝에서 측정하고, 블록이 없으면, 요구되는 블록위치의 중앙에서 측정하시오.

이 기말 프로젝트의 목적은 그동안 익힌 실습 과제를 토대로 실제의 비전 검사문제를 DVT FrameWork 소프트웨어를 이용하여 해결할 수 있는 능력을 배양하는데 두었다.

## 5. 실습결과에 대한 토의

본 단원은 한 학기의 실습을 모두 마친 후에 실습학생들을 대상으로 면담조사를 한 결과를 요약 정리한 것이다.

실습학생들의 면담내용을 요약하면 크게 접근성 및 실습 스케줄링, 성능 등으로 나눌 수 있다. 접근성에 있어서, 이론적으로는 주중 어느 때나 접속이 가능하여야 하지만, 본 실습에서는 허용된 비전 워크 스테이션이 2대로 제한되어 있어서 동시에 오직 2명만 사용할 수 있었다. 그러나, 이러한 제약은 실험실에서 수행되는 비전 실습에서도 하나의 워크스테이션에 한 사람만이 실습할 수 있는 것과 같은 경우이며, 이 문제의 해결방안으로는 서로 다른 서버 컴퓨터에 설치된 다수의 비전 워크스테이션의 설치 또는 한 두대의 비전 워크스테이션의 설치와 직접 실습에 참여하지 않는 학생들은 인터넷을 통해 다른 학생이 실시하는 실습광경을 모니터링 할 수 있는 영상 피드백 시스템의 구축에 의해서 어느 정도 극복될 수 있다. 이러한 환경은 개별 실습 전에 수시로 다른 학생들의 실습광경을 모니터링 할 수 있기 때문에 전통적인 실습에 비해 실습효과에 큰 기여가 기대된다.

그러므로 다수의 학생들이 특정시간대에 몰릴 경우, 학생수에 따른 적절한 사전 사용시간 계획이 세워져야만 불필요한 접속 실패로 인한 시간낭비를 피할 수 있다.

실습의 성능면에서는 사용자의 실수 등으로 기기가 고장나거나 오작동을 하게 되면, 기기의 수리완료시까지 실습이 중단된다. 특히 이러한 일이 주말에 발생되면 영문을 모르는 다른 사용자는 수리완료시까지 무작정 기다려야하는 문제점이 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 정해진 실습시간대에 실습실에 상주할 수 있는 수리보존 인력이 요구된다.

그밖에 특기할 의견으로는 전통적인 실험실 실습과는 달리, 모든 실습이 개인별로 이루어졌기 때문에, 결과적으로 문제해결능력은 더 향상되었다는 응답이 있었다. 주로 이메일로 의견을 교환하기 때문에, 실습교수와의 면담이 다소 제한적이라는 의견과 모든 실습은 온-라인 실습 메뉴얼에 의존하기 때문에 보다 예제 중심의 상세하고 체계적인 실습메뉴얼의 보완이 절실히 요구된다는 의견도 있었다. 하지만, 아무리 잘 작성된 메뉴얼이 준비되었다고 실습학생이 실습전에 충분한 시간 동안 메뉴얼을 읽고 이해한 후에 실습에 임하는 자세는 성공적인 실습뿐만 아니라, 장비의 에러율을 줄여서 다른 사람에게 주는 시간적 피해를 최소화할 수 있을 것으로 사료된다. 온-라인 학습에 대한 선호도는 주관적인 것으로 나타났다.

## 6. 결론 및 추후연구

원거리 학습방법에 의한 실시간 온-라인 실습은 인터넷의 강력한 통신기능을 실습장비와 접목하여 구축될 수 있으며, 인터넷만 연결되어 있다면, 언제 어느 곳에서나 접속가능하여 실습장소까지의 이동을 위한 시간 및 교통비의 절감은 물론 실습시간의 유연성을 허락하며, 실습장비의 공동이용기회의 증가로 실습비용의 획기적인 절감을 가져올 수 있는 차세대 실습대안이라고 할 수 있다.<sup>[6]</sup> 실제의 원거리 실습을 통해서 크게 접속 용이성, 고장시 대책, 메뉴얼 보강문제 등이 대두되었지만, 이 들 문제는 학생수에 따른 개별실습시간계획, 실습실 상주 보존 및 수리인력 보강, 실습예제 위주의 체계적 실습 메뉴얼의 보완 등으로 개선될 수 있을 것이다.

하지만, 처음에 언급했던 원거리 실습의 두드러진 이점들 외에도 문제해결능력의 향상과 동료들 간의 문제토의 기회의 증대를 통한 개인 실력향상 등의 부수적 효과도 보고되고 있다.

이 논문은 인터넷 기반 컴퓨터 비전 실습시스템의 개발에 대한 사례연구를 소개하였다. 예를 레이터의 이용은 거의 동일한 실습효과를 갖으면서도 인터넷을 통한 실제의 DVT 카메라와의

접속 필요성을 크게 줄여 주었다. 이것은 또한 장비를 이용한 실습이 내재하고 있는 한 장비당 한사람만이 실습을 수행할 수 있는 한계를 극복할 수 있었다. 또한 자체 IP 주소를 보유하고 있는 영상피드백 카메라를 사용할 경우는, 직접 실습을 수행하는 한 사람의 사용자 이외의 다수의 실습학생들이 실습광경을 원격으로 동시에 모니터링 할 수 있어서 실습효과의 향상을 기대할 수 있다.

윈도우 XP의 '원격 데스크톱 연결' 기능의 이용은 사용자의 PC와 원격서버의 카메라 시스템 사이의 인터페이스를 단순화시켰다. 사전에 준비된 저장 영상들의 조합은 원격학습 환경에서의 조명 및 렌즈실습을 가능하게 해주었다. 결과적으로 위와 같은 접근방법들은 장비를 이용한 컴퓨터 비전실습을 원격학습환경에서도 효과적으로 수행할 수 있는 가능성을 보여 주었다.

추후연구과제는 좀 더 편리한 GUI 설계, 다중 이용자의 로그인, 로봇과 PLC와 같은 다른 장비와의 시스템 통합에 초점이 맞추어져야 할 것이다.

[6] 이성열, "A Case Study of On-Line PLC Laboratories Using Distance Learning," *IE Interfaces*, 제18권, 제 4호 (2005), pp. 412-417.



이 성 열 (Sung-Youl Lee)

- 1985 텍사스 주립대 공학석사 (산업공학)
- 1988 노스다코타주립대 공학박사 (산업공학)

- 1996 - 1997 아이오와대학 방문교수
- 1988 - 현재 관동대학교 컴퓨터학과 교수
- 관심분야: CAPP, 메타휴리스틱 응용

## 참 고 문 헌

- [1] Yeung, Kin and Huang, Jie, "Development of a remote-access laboratory: a dc motor control experiment," *Computers in Industry*, Vol. 5, No. 2, pp. 305-311, 2003.
- [2] Ebeling, K.A., Ahmed, S.A., and Lee, Sungyoul, "Distance Learning in an Enterprise Manufacturing Network," *Proceedings of 2003 KIIE Fall Conference*.
- [3] Lee, Sungyoul, *DVT Image Processing Instructional Manuals*, North Dakota State University, 2004.
- [4] 이성열, "On-Line PLC Laboratory Using Distance Learning," *2005 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회논문집*.
- [5] 이성열, "원거리 학습 기반 컴퓨터 비전 실습 사례연구," *2005 한국경영과학회 추계학술대회논문집*.