

원거리 학습 기반 컴퓨터 비전 실습 사례연구

A Case Study on Distance Learning Based Computer Vision Laboratory

이 성 열

관동대학교 공과대학 컴퓨터학부 교수

Email: sylee@kd.ac.kr

Tel: +82-33-670-3431

Fax: +82-33-671-4144

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

I. 개 요

컴퓨터와 인터넷의 획기적인 발달과 더불어 지난 10여년간 전세계적으로 온라인 원거리 학습환경의 구축에 대한 다양한 시도가 발표되고 있다. 이러한 추세에 발맞추어 미국 노스다코타주에 소재한 U와 N대학에서도 '원거리 교육기회의 강화를 위한 실시간 온라인 공학실습 개발'이라는 표제아래 지난 2003년 이래 3년간 공동 프로젝트가 진행중에 있다. 본 연구는 그 프로젝트중 컴퓨터 비전 실습 컨텐츠 개발에 대한 실습사례연구를 중심으로 요약하였다.

본 사례는 지난 2004년 가을 학기에 N대학에서 개발되고 실습된 내용을 다룬다. 사용된 비전 카메라는 DVT사의 630 모델이 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 환경을 구축하는데 두었다. 하지만, 인터넷 응용방법 보다는 원거리 학습에 적합한 비전 실습 컨텐츠의 개발에 더 중점을 두었다.

II. 시스템 구조

그림 1은 실습 셋업의 전체 구성도를 보여준다. 비전 시스템은 3부분으로 구성되었다: DVT 카메라, Vanguard 카메라

라, 조명 등과 인터넷이 연결되어 있는 서버 PC, 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 PC로 구성되어 있다. 이와 같은 client-server 구조는 사용자 입장에서는 개별적으로 실습을 할 수 있고, 시스템 구축자 입장에서는 실습내용 수정시에 서버에서만 필요한 수정을 하면 되므로 확장성에 큰 융통성을 허용한다.

결될 수 있다. 이때 기존 사용자가 이미 이용중이란 메시지가 나오지 않으면, 접속이 가능하고 그렇지 않으면, 다른 시간에 다시 접속을 시도할 수 있다.

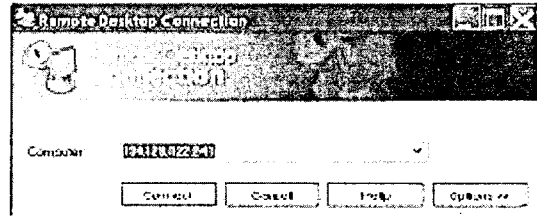


그림 2. '원격 데스크톱 연결' 윈도우

이러한 연결구조는 원거리에 있는

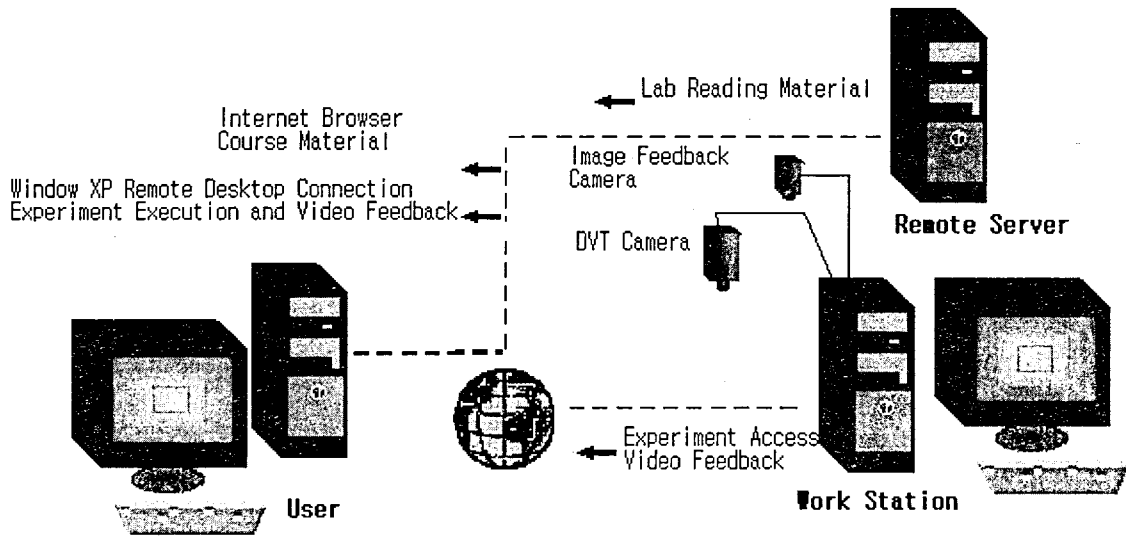


그림 1. 원거리 컴퓨터 비전 실습 네트워크 구성도

Vanguard X10 CCD 카메라가 실시간 영상 피드백을 위해 이용되었다. 이것은 플렉-인이 필요없이 서버 PC에 설치되어 사용자에게 비전 실습을 실시간으로 보여 주는데 이용되었다. 사용자 인증과 기존 사용자와 새로운 사용자 사이의 사용승인 절차, 영상 피드백은 모두 서버 PC의 윈도우 XP에서 제공되는 '원격 데스크톱 연결' 기능을 이용하여 처리하였다. 그림 2에 보여지는 것처럼, 사용자는 원거리에서 사용자 PC의 '원격 데스크톱 연결' 기능을 이용하여 적절한 IP 주소를 입력한 후, 주어진 로그인 ID와 패스워드 입력하면, 서버에 연

사용자가 일단 원격서버에 연결되면 마치 원격서버 앞에 앉아서 이용하는 것과 똑같은 효과를 갖을 수 있다. 네트워크 또는 시스템 에러가 발생되어 연결이 끊어지더라도 사용자는 그때까지의 작업내용을 사용자 PC 또는 원격 PC에 저장할 수 있어서, 나중에 다시 작업을 계속할 수가 있다. 하지만, 원격연결에서 오는 약간의 시간 지연이 발생할 수 있다. 그림 3은 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.

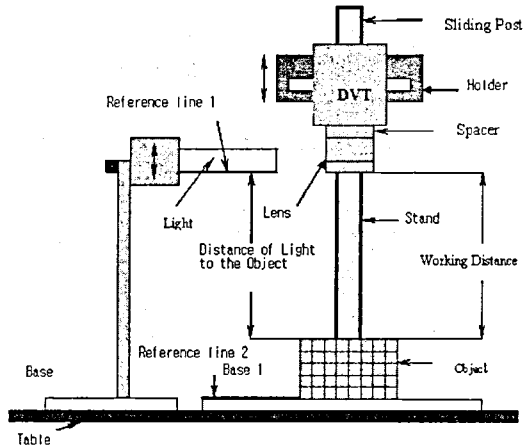


그림 3. DVT 카메라 워크스테이션 배치도

III. 컴퓨터 비전 실습 콘텐츠

컴퓨터 비전 실습은 실제 DVT 카메라와의 연결없이도 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 포함한다.

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. 다섯가지의 실습예제와 하나의 학기말 프로젝트를 소개한다.

3.1 Lab 1 - DVT 에뮬레이터

이 첫 번째 실습의 목적은 DVT 에뮬레이터의 사용법을 익히는데 두었다. 실습을 통해 학생들은 하드 디스크에 저장

된 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.

실습예제: Vanguard 카메라를 이용하여 실습실내에 설치되어 있는 SCORBOT ER VII 로봇을 찾아서 그 영상을 DVT FrameWork에 적합한 파일양식으로 저장하고, 에뮬레이터의 SID 스크린에 불러낸 후 그때의 화면을 스크린 캡처하여 제출하시오.

3.2 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.

1. EdgeCount 소프트웨어를 이용하여, 다음 별영상의 모서리수를 찾으시오.



그림 4. 별영상

2. 적절한 소프트웨어를 이용하여 아래 영상중 lab2-001은 PASS, lab2-002와 lab2-003는 FAIL이 되도록 검사시스템을 설계하시오.



(a)Lab2-001 (b)Lab2-002



(c)Lab2-003

그림 5. Lab2-001, lab2-002, 및 lab2-003 영상들

3.3 Lab 3 DVT 고급 소프트웨어 실습

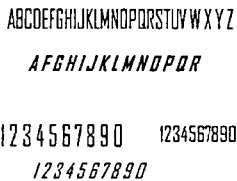
이 실습의 목적은 실제응용가능성이 높은 추가적인 소프트웨어에 대한 경험을 갖는데 둔다. 이 실습을 통해 학생들은 저장된 영상을 이용하여, Measurement, Math, Template Matching 소프트웨어에 대한 경험을 갖게 된다.

1. Reader 소프트웨어를 이용하여 다음 4개의 바코드를 해독하시오.

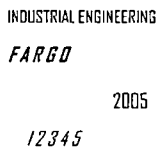


그림 6. 바코드 예제 영상들

2. OCR reader 소프트웨어를 이용하여 Lab3-013 영상을 학습한 후, lab3-014 영상에 있는 숫자와 문자를 해독하시오.



(a) Lab3-013



(b) Lab3-014

그림 7. Lab3-013와 lab3-014 영상들

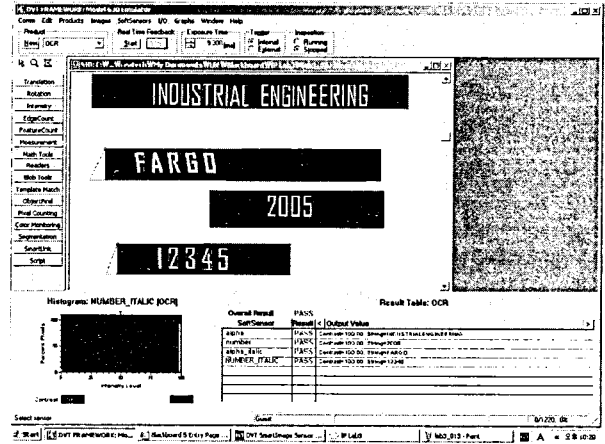
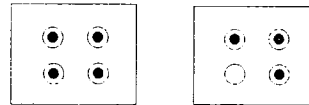


그림 8. 테스트 영상에서의 문자 및 숫자 해독 결과표

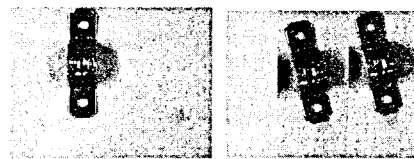
3. Blob Tools 소프트웨어를 이용하여, lab3-006 영상은 PASS, lab3-007 영상은 FAIL이 되도록 검사시스템을 설계하시오.



(a)Lab3-006 (b)Lab3-007

그림 9. Lab3-006와 lab3-007 영상들

4. ObjectFind 소프트웨어를 이용하여, lab3-011 영상속의 객체특성을 학습한 후, lab3-012 영상으로부터 학습한 객체의 발생 횟수를 찾으시오



(a)Lab3-011 (b)Lab3-012

그림 10. Lab3-011와 lab3-12영상들

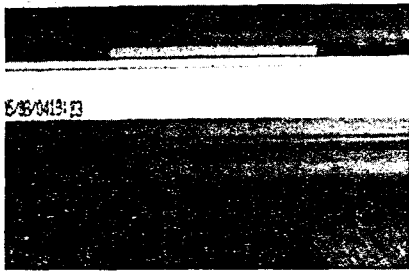
3.4 Lab 4 DVT Script Language

이 실습의 목적은 DVT Script Language를 이용하여, 통신 및 DVT Products와 소프트웨어를 제어하는 방법을 익히는데 있다.

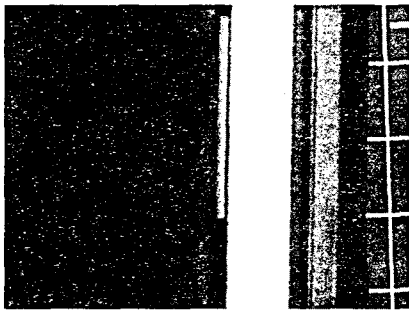
실습예제: lab4-001 영상의 수평 흰블럭의

두께를 측정한 후, lab4-002 영상의 수직 흰 블럭의 두께를 측정하여 두 영상이 모두 검사 두께 값과 일치하면 PASS, 그렇지 않으면, FAIL 처리할 수 있는 검사시스템을 설계하십시오.

(힌트: 다음 명령어를 이용하여 이 실습을 완성하십시오 - GetProduct, Select, Inspect, Stats, Next, sleep, DebugPrint)



(a)Lab4-001



(b)Lab4-002

그림 11. Lab4-001와 lab4-002 영상들

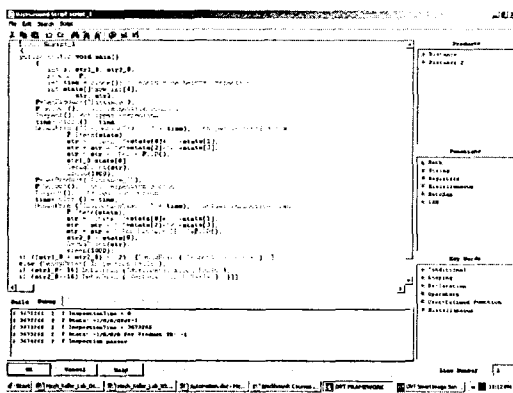


그림 12. Lab4 실습에 대한 해당 스크립트 프로그램

3.5 Lab 5 - 렌즈 및 조명 실습

이 실습의 목적은 양질의 영상을 얻기 위해 요구되는 최적 조명 및 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 대조뿐만아니라, 최적 WD (Working Distance), FOV (Field Of View), 그리고 FL (Focal Length)등의 매개변수들을 적절한 렌즈, 스페이서, 조명을 이용하여 어떻게 얻을 수 있는지를 경험하게 된다. 이 특정실습을 위해 다음의 5개의 매개변수들 각각에 대해 3종류씩 모두 243 (3x3x3x3x3)개의 영상조합들이 사전에 준비되어 저장되었다; 즉, type of light, angle of light, distance of light to the object, focal length, 그리고 working distance.

또한 이러한 영상들의 검색을 돕기 위하여, 별도의 영상검색 프로그램도 개발되었다. (그림 13)

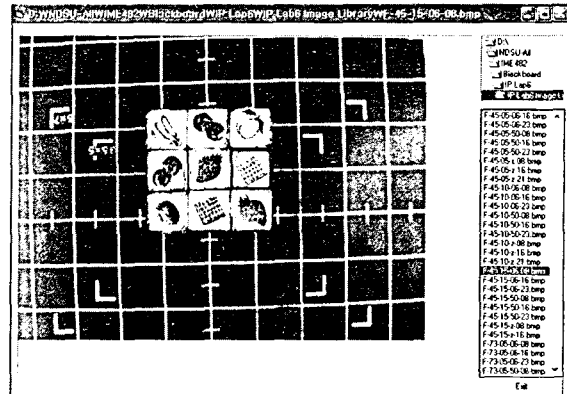
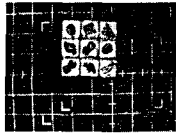
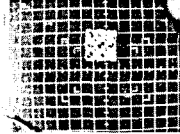


그림 13. BMPviewer 영상검색 프로그램 화면
실습예제: 현실적으로 영상획득절차는 반복적인 시행착오를 통해 얻어진다. 이러한 현실적인 문제를 최소화하기 위해, 우리는 이 절차를 다음의 두 단계로 접근한다: 1) 렌즈 선정 2) 조명. 그러므로, 이 실습은 루브

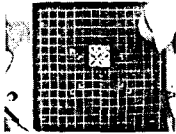
입방체의 각 면상에 있는 9개의 과일 각각을 인식할 수 있을 정도의 충분한 정밀도(resolution)의 영상을 얻는데 요구되는 WD를 만족하는 3종류(6mm, 50mm, zoom)의 렌즈중 최상의 하나를 선택하는 문제이다. 그때, 3종류(표준 원형 형광등, 고주파 형광등, 빨강 LED)의 조명중 최상의 하나를 선정하고, 적합한 조명과 물체사이의 거리, 조명각도를 결정해야 한다.



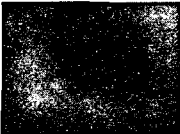
(a)H-90-7.2-06-08



(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 14. 최상의 영상은 (a) 고주파 형광조명-조명각도 90°-조명과 물체거리 7.2"-축점거리 6mm-렌즈와 물체거리 8"

3.6 학기말 프로젝트 사례연구

어느 창문생산공장에서는 창문의 유리와 창틀사이에 끼워져 유리를 지지하는 블록삽입작업을 자동으로 검사하는 컴퓨터 비전시스템을 구축할 계획이다.

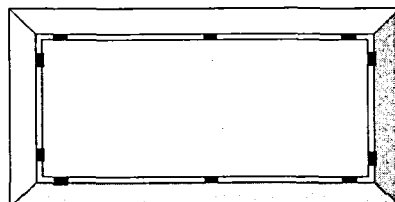


그림 15. 창틀, 유리, 블록배치도

표 1. 창문크기에 따른 블록 삽입위치

창문 크기	블록삽입 위치
30"H X 30"W	블록은 각 창틀 끝에서 2"에 설치 창틀마다 총 8곳에 설치
30"H X 60"W	블록은 각 창틀 끝에서 2"에 설치 추가적인 블록이 각 60" 폭의 중앙에 설치 창틀마다 총 10곳에 설치
60"H X 60"W	블록은 각 창틀 끝에서 2"에 설치 추가적인 블록이 각 측면으로 부터 60"에 설치 창틀마다 총 12곳에 설치

블록 크기는 길이는 2"이며, 두께는 두 종류(1/16"과 1/8")가 있다. 블록은 표 2에서 처럼 틈크기에 따라서 선정된다.

표 2. 틈크기에 따른 블록 선정

틈 크기	블록 크기
1/32" - 3/32"	1/16" 블록 한개
3/32" - 5/32"	1/8" 블록 한개
5/32" - 7/32"	1/16"와 1/8" 블록 각각 한개씩
7/32" 이상	창틀불량

검사시스템을 위한 작업장 설계는 다음을 포함하여야 할 것이다:

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.

IV. 결론 및 추후연구

이 논문은 인터넷 기반 컴퓨터 비전 실습시스템의 개발에 대한 사례연구를 소개한다. 에뮬레이터의 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.

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 맞추어져야할 것이다.

참고문헌

- [1] Yeung, Kin and Huang, Jie, "Development of a remote-access laboratory: a dc motor control experiment," *Computers in Industry*, 200352: 305-311.
- [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, "On-Line PLC Laboratory Using Distance Learning," *Proceedings of 2005 KIIE/KORMS Spring Joint Conference*.
- [4] Lee, Sungyoul, *DVT Image Processing Instructional Manuals*, North Dakota State University, 2004.